

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Vlastnosti svarových spojů manganových příložek

Properties of welded joints of manganese splice plates

Student: Zdeněk Šácha

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Drahomír Schwarz. CSc.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání bakalářské práce

Student: **Zdeněk Šácha**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Vlastnosti svarových spojů manganových přílohek**
Properties of Welded Joints of Manganese Splice Plates

Zásady pro vypracování:

- 1) Proved'te zhodnocení současného stavu svařování manganových přílohek.
- 2) Proved'te studii základních materiálů přílohek a jejich svařitelnosti.
- 3) Navrhněte možné způsoby svařování.
- 4) Navrhněte přídatné materiály.
- 5) Zpracujte detailní technologický postup svařování manganových přílohek.
- 6) Proved'te nedestruktivní a destruktivní ověření vlastností svarových spojů.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOUKAL, J., ZMYDLENÝ, T. *Svařování I: Učební texty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava. 2005. 133 s. ISBN 80-248-0870-6

KOUKAL, J., SCHWARZ, D., HAJDÍK, J. *Materiály a jejich svařitelnost: Učební texty*. 1. vydání. VŠB-TU Ostrava. 2009. 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5

HRIVŇÁK, I. *Teória zvariteľnosti kovov a zliatin*. 1. vydání. VSAV Bratislava. 1989. 344 s. ISBN 80-224-0016-5

ČSN EN ISO 15614-1 *Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů - Zkouška postupů svařování - Část. 1: Obloukové a plamenové svařování ocelé a obloukové svařování niklu a slitin niklu*. Praha: Český normalizační institut, 2005

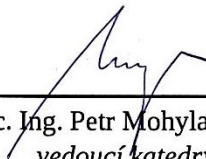
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Drahomír Schwarz, CSc.**


Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015





doc. Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

7.5.2015
.....


.....

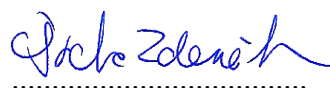
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

7.5.2015



podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Zdeněk Šácha

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Dukelských hrdinů 8, 690 02 Břeclav

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ŠÁCHA, Z. *Vlastnosti svarových spojů manganových příložek: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2015, 66 s. Vedoucí práce: Schwarz, D.

Bakalářská práce se zabývá vlastnostmi svarových spojů mezi třecími příložkami z manganové oceli a dílem, z oceli uhlíkové, na který se tyto příložky přivařují. Manganové, někdy taky nazývané Hadfieldovské oceli, se používají, tam kde je potřeba vysoké otěruvzdornosti. Manganová ocel je ocel s obsahem manganu 11,0 - 14% hm. V úvodu jsou popsány vlastnosti a svařitelnost oceli spolu s popisem současného stavu svařování manganových příložek. Pak následuje navržení přídavného materiálu a navržení možných způsobů svařování s vypracováním technologického postupu svařování Mn příložek. V praktické části je provedeno ověření vlastností svaru, vytvořeného stávajícím přídavným materiálem, za pomoci destruktivních a nedestruktivních metod zkoušení. Závěr bakalářské práce obsahuje porovnání dosažených výsledků.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ŠÁCHA, Z. *Properties of welded joints of manganese splice plates: Bachelor Thesis* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2015, 66 p. Thesis head: Schwarz, D.

This thesis deals with properties of weldments between friction plates made of manganese steel and parts made of carbon steel. Manganese steel, sometimes called Hadfield steel, is, used where there wear resistance is needed. Manganese steel is steel with 11,0 - 14,0 % Mn. There are described properties and weldability at the introduction and up to date techniques of welding of these steels are described too. Then follows suggestion of consumables and ways of welding together with detailed working proces. In practical part of thesis is tested welded joint made by current consumables. Destructive and non-destructive methods are used to check qualities of these joints. At the end of thesis there is discussion of obtained results.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

AISI	American Iron and Steel Institute, Americký institut pro železo a ocel	
ASTM	American Society for Testing and Materials, Americký spolek pro testování a materiály	
BS	British Standards, britská norma	
DIN	Deutsches Institut für Normung, německá národní norma	
FW	koutový svar	
HV10	tvrdost podle Vickerse	
I	svařovací proud	[A]
k	koeficient tepelné účinnosti metody svařování	
lux	jednotka intenzity osvětlení	
MK	mezioperační kontrola	
NDT – PT	nedestruktivní testování, kapilární metoda	
NDT – VT	nedestruktivní testování, vizuální metoda	
PB	poloha svařování, vodorovná šikmo shora	
PF	poloha svařování, svislá nahoru	
PI	pracovní instrukce	
PM	přídavný materiál	
pWPS	předběžná Specifikace Postupu Svařování (Welding Procedure Specification)	
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
TOO	tepelně ovlivněná oblast	
Q	vnesené teplo	[kJ·mm ⁻¹]
UIC	Union Internationale des Chemins de fer Mezinárodní železniční unie	
U	svařovací napětí	[V]
v	rychlost svařování	[mm·s ⁻¹]
W - Nr.	Werkstoffnummer, číslo materiálu jeden z německých standardů pro materiály oceli	
Y25	označení typu podvozku nákladního vozu	
ZM	základní materiál	

ŽKV	železniční kolejové vozidlo
γ	železo gama – austenit
111	svařování obalenou elektrodou
131	obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu
135	obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	6
ÚVOD.....	10
1. STUDIE ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU PŘÍLOŽEK.....	11
1.1 Chemické složení manganových ocelí	12
1.2 Vliv chemického složení na vlastnosti manganové oceli.....	13
1.3 Použití manganových ocelí a jejich vlastnosti	15
1.4 Svařitelnost	17
2. TŘECÍ PŘÍLOŽKY KLUZNIC	19
2.1 Materiál přílozek.....	20
2.2 Svařování Mn přílozek kluznic.....	21
3. MOŽNÉ ZPŮSOBY SVAŘOVÁNÍ PŘÍLOŽEK	25
3.1 Svařování obalenou elektrodou	25
3.2 Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře	27
4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ.....	30
4.1 Pracovní instrukce pro výměnu utržených manganových přílozek horního a spodního dílu odpružené kluznice PI 4.1	31
4.2 Pracovní instrukce pro opravu prasklých svarů manganových přílozek horního a spodního dílu odpružené kluznice PI 4.2	34
5. NEDESTRUKTIVNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SVAROVÝCH SPOJŮ	35
5.1. Zkoušení vizuální metodou	36

5.1.1 Vizualní kontrola vzorku č. 2.....	37
5.1.2 Vizualní kontrola vzorku č. 6.....	40
5.1.3 Vyhodnocení vizualní zkoušky.	43
5.2 Zkoušení kapilární metodou.	44
5.2.1 Kapilární zkouška vzorku č. 2	45
5.2.2 Kapilární zkouška vzorku č. 6	47
5.2.3 Vyhodnocení kapilární zkoušky	48
6. DESTRUKTIVNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SVAROVÉHO SPOJE	49
6.1.1 Zkouška makrostruktury vzorku č. 2	50
6.1.2 Zkouška makrostruktury vzorku č. 6	52
6.2.1. Zkouška mikrostruktury vzorku č. 2.....	54
6.2.2. Zkouška mikrostruktury vzorku č. 6.....	56
6.3.1 Zkouška tvrdosti HV10 vzorek č. 2	58
6.3.2 Zkouška tvrdosti HV10 vzorek č. 6	59
7. DISKUZE VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK A ZÁVĚR.....	60
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	63
10. SEZNAM PŘÍLOH.....	66

ÚVOD

Austenitická manganová ocel byla jedna z prvních vysoce legovaných slitin oceli. Tato ocel je známá pro své přednosti, jako je schopnost zpevňování se při působení vnějších vlivů, kterými jsou rázy a tlaky a má přitom také výbornou odolnost proti abrazivnímu a adheznímu opotřebení, je nemagnetická. Nyní se Hadfieldova ocel používá na součásti strojů a zařízení pracujících v těžebním průmyslu, housenicové články pásových vozidel, při těžbě kamene a ropy, při výrobě oceli, pro části železničních tratí a vozidel.

Cílem této bakalářské práce je popis vlastností svarových spojů manganových třecích přílozek na odpružených kluznicích podvozků železničních kolejových vozidel, (dále jen ŽKV). V teoretické části bude proveden popis manganové oceli s následným zhodnocením nynějšího stavu svařování těchto ocelí všeobecně a poté se zaměřením na opravy a základní materiály třecích přílozek ŽKV. Bude navržen možný způsob svařování a druh přídavných materiálů. Součástí teoretické části bude i návrh technologického postupu svařování třecích přílozek z manganové oceli. V praktické části pak bude provedeno destruktivní a nedestruktivní ověření svarového spoje na spodním dílu kluznice. Svarový spoj příložky a horního dílu kluznice je stejného typu, provedení a základní materiály jsou také stejné. Ve velké většině případů je poškozena spodní část kluznice. Příčinou poškození horního dílu je zvětšení podélné vůle mezi horní a spodní částí kluznice jako následek utržení manganové příložky na spodním dílu.

1. STUDIE ZÁKLADNÍHO MATERIÁLU PŘÍLOŽEK

Materiál, ze kterého jsou příločky vyrobeny má označení X120Mn12, toto je označení podle DIN (tab. 1)[1] a podle českého značení patří tato ocel do třídy ocelí 17. Do této třídy patří oceli středně a vysokolegované (tab. 2).

Tabulka 1 Příklady dalších označení oceli X120Mn12[1]

Stát	Název normy	Označení
ČR	ČSN	17 618
Německo	DIN	X120Mn12
	W. Nr	1.3401
USA	AISI	A128 grade A
Velká Británie	BS	X120Mn12

Tabulka 2 Značení oceli 17 618 podle ČSN EN 10027-1 [2]

X	120	Mn	12
Základní symbol: Písmeno X = střední obsah nejméně jednoho legujícího prvku \geq 5 %	Stonásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah C	Chemické značky legujících prvků charakterizujících ocel	Středním obsah příslušného prvku v zaokrouhlení na nejbližší vyšší číslo
Tento princip značení platí podle ČSN EN 10027-1 pro: Oceli korozivzdorné a legované oceli (kromě rychlořezných) s obsahem minimálně jednoho legujícího prvku \geq 5 %			

Podle účelu a použití se dělí oceli třídy 17 na tyto typy.

- korozivzdorné
- žáruvzdorné
- žárupevné
- odolné proti opotřebení
- pro nízké teploty

Legujícími prvky, které těmto ocelím dají speciální vlastnosti, jsou hliník, molybden, nikl, titan, niob, vanad, wolfram a mangan.

1.1 Chemické složení manganových ocelí

Původní slitina obsahovala 1,2% C a 12% Mn. V současné době oceli obsahují 0,7 – 1,45 % C, 11 – 14 % Mn (tab. 3). Pro zlepšení některých vlastností se ještě přidávají prvky jako Cr 0,7 – 2,5 % hm, Ni 3,0 – 4,0 % hm a Mo 0,8 – 2,1 % hm. Na získání speciálních vlastností se přidává i malé množství vanadu, mědi, titanu a vizmutu [3].

Tabulka 3 Chemické složení podle ČSN [4,5,6]

	C	Cr	Mn	P max.	S max.	Si max.
ČSN 41 7618	1,1-1,4	-	11,0-13,0	0,1	0,4	1,0
ČSN 42 2920	1,1-1,5	-	12,0-14,0	0,1	0,05	0,7
ČSN 42 2921	1,5-1,5	0,7-1,2	12,0-14,0	0,1	0,05	0,7

- ČSN 41 7618 Ocel 17 618 manganová
 - tyče
 - plechy
 - výkovky
- ČSN 42 2920 Ocel na odlitky manganová
- ČSN 42 2921 Ocel na odlitky manganová chromová

ASTM A 128 grade	Composition, %						
	C	Mn	Cr	Mo	Ni	Si (max)	P (max)
A.....	1.05–1.35	11.0 min	...	...	...	1.00	0.07
B-1.....	0.9–1.05	11.5–14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-2.....	1.05–1.2	11.5–14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-3.....	1.12–1.28	11.5–14.0	...	...	...	1.00	0.07
B-4.....	1.2–1.35	11.5–14.0	...	...	...	1.00	0.07
C.....	1.05–1.35	11.5–14.0	1.5–2.5	...	...	1.00	0.07
D.....	0.7–1.3	11.5–14.0	...	...	3.0–4.0	1.00	0.07
E-1.....	0.7–1.3	11.5–14.0	...	0.9–1.2	...	1.00	0.07
E-2.....	1.05–1.45	11.5–14.0	...	1.8–2.1	...	1.00	0.07
F.....	1.05–1.35	6.0–8.0	...	0.9–1.2	...	1.00	0.07

**Obr. 1 Složení manganové oceli podle ASTM [1]
(grade - stupeň, composition – složení)**

Chemické složení manganové oceli se podle ostatních národních norem od norem ČSN nijak výrazně neliší a dostupný sortiment manganových ocelí podle [1] má podobný rozsah obsahu přidávaných legujících prvků. Obsahy prvků uvedených v tabulce 3 jsou ve stejných hodnotách, jen se někdy uvádí vyšší obsah manganu. Například podle American Society for Testing and Materials (ASTM), která je jedna z největších nezávislých organizací pro rozvoj norem ve světě se složení dělí na stupně A – F (obr. 1). Výrobci manganové oceli mohou mít v nabídce různé modifikace složení. Změny ve složení se dělají, aby byly splněny specifické požadavky odběratele na vlastnosti oceli, kdy se jedná o speciální aplikace nebo velikost dodávky a také požadavky na svařitelnost a obrobiteľnosť.

1.2 Vliv chemického složení na vlastnosti manganové oceli

- **Chrom 1,5 % max. pro zvláštní účely až 3,0 % hm**

Zvyšuje prokalitelnost, pevnost, otěruvzdornost, zvyšuje pevnost za tepla, při vyšším obsahu odolnost proti tvoření okují. Zvyšuje odolnost proti korozi, ale nemá vliv na odolnost proti opotřebení [7].

- **Mangan 11 – 14%, někdy také >15 % hm**

Mangan zvyšuje mez kluzu a taky mez pevnosti bez snížení plasticity. Větší přísada manganu je příčinou toho, že austenitická struktura je v oceli přítomna i za pokojové

teploty. Proto se tato ocel nazývá manganová austenitická. Působí taky jako dezoxidační a odsiřovací prvek [3,7].

Chrom a mangan patří mezi nejdůležitější prospěšné prvky a ocel je jimi legována záměrně.

V nedávné době byly vyvinuty manganové oceli o obsahu manganu vyšším než 15 %. Tyto slitiny jsou vhodné pro aplikace vyžadující nízkou magnetickou permeabilitu a vysokou pevnost a odolnost za nízkých teplot. Do těchto druhů Mn ocelí se pro lepší obrobiteľnosť pridáva síra a hliník [8].

Obsah uhlíku ve slitině se pohybuje v rozmezí 1,1 – 1,5 %. Odolnost proti abrazivnímu opotřebení stoupá s obsahem uhlíku, ale na druhé straně klesá houževnatost. Při vyšší koncentraci uhlíku se můžou na hranicích zrn vylučovat karbidy a to může vést k trhlinám. To znamená, že poměr C – Mn se volí na základě požadovaných vlastností materiálu [8].

Mezi další častější legující prvky patří nikl a molybden, které zvyšují mez kluzu a pomáhají stabilizovat austenitickou strukturu v kovu a snižují křehnutí. Dále nikl zlepšuje vlastnosti oceli za teplot pod bodem mrazu. Molybden zvyšuje odolnost proti praskání odlitků. Někdy se ocel leguje titanem, který se používá na vázání uhlíku a na zjemnění zrna a stabilizaci austenitu. Titanu se přidává spolu s vanadem, boronem, zirkonem a dusíkem méně jak 0,1 %. Přísada vizmutu zlepšuje obrobiteľnosť [3,7].

Koncentrace dalších prvků jako je síra, fosfor a křemík jsou omezeny maximálním množstvím (tab. 3). Je to z důvodu jejich nepříznivých vlastností.

- síra se do ocelí přidává kvůli zlepšení obrobiteľnosť, ale její větší množství může vést k tvoření sulfidů, tyto pak mohou tvořit vměstky v mikrostruktuře a způsobit únavové trhliny.

Výhodou manganové oceli je vysoký obsah tohoto prvku, kdy se slučuje se sírou v podobě sulfidu manganatého (MnS), tím snižuje její obsah a náchylnost k horkému praskání [3,7].

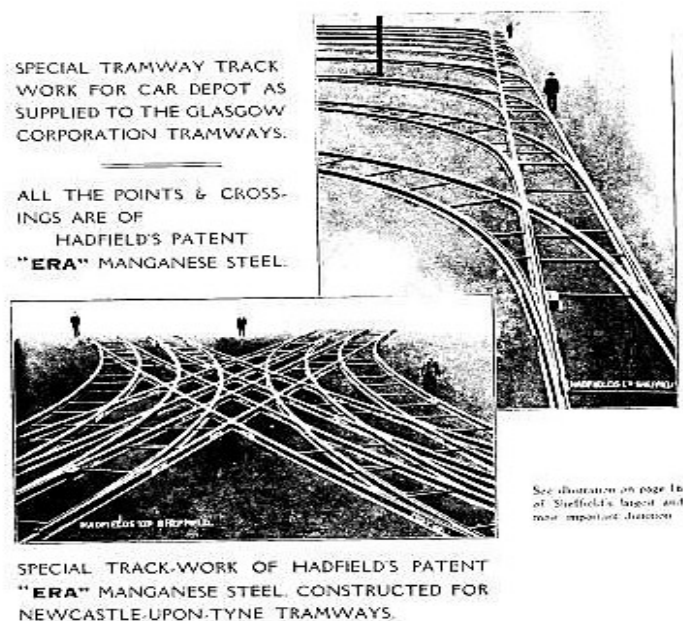
- fosfor, má-li vyšší koncentraci, může způsobit nižší odolnost proti opotřebitelnosti a klesá také vrubová houževnatost [7]
- křemík negativně působí na vrubovou houževnatost a snižuje rozpustnost uhlíku v austenitu [9]

1.3 Použití manganových ocelí a jejich vlastnosti

Původně byl tento materiál vyvinut pro stavbu tramvajových tratí a zpočátku byla manganová ocel používána i na výrobu kolejnic a kola tramvají. Ocel byla poprvé odlita a poté patentována v předminulém století roku 1882 sirem Robertem Hadfieldem v jeho ocelárně v anglickém Sheffieldu.

Special Tramway Track-work.

HADFIELD'S PATENT "ERA" MANGANESE STEEL
COMBINES EXTREME HARDNESS WITH GREAT TOUGHNESS, AND IS
THE SUPREME MATERIAL FOR POINTS, CROSSINGS, CURVED RAILS, Etc.
WHICH ARE SUBJECTED TO SEVERE SERVICE.



Obr. 2 Reklama na Hadfieldovu ocel [10]

Dnes se běžně kolejnice z manganové oceli nevyrábí, pro tento účel se pouze manganem legují až 1,3 % hm, přímo z manganové oceli se vyrábí srdcovky výhybek. Zde se využívá nejznámější vlastnosti manganové oceli tím způsobem, že při provozu dochází ke zpevňování materiálu v povrchových vrstvách působením rázů projíždějících vozidel. Ke zpevnění dojde jen na povrchu a materiál si tak zachová také jistou houževnatost [9].

Časem začala být manganová ocel stále oblíbenější pro svoje mechanické vlastnosti. Našla uplatnění v důlním průmyslu při těžbě a zpracování kamene kde se využívá odolnosti proti mechanickému opotřebení. Zde se ocel používá na zuby lžic bagrů, čelisti rypadel a další podobné aplikace kde je potřeba aby se pracovní nástroj ihned neopotřebil,

dále se používá k výrobě kolejí a dílů železničních kolejových vozidel. Za první světové války byla pro svoje vlastnosti využita na výrobu helem pro vojenskou pěchotu, munice a na pásy tanků [8].

Od jejího prvního odlití bylo navrženo mnoho variací slitiny, ale pouze některé byly přijaty, jako významné vylepšení vlastností této oceli. Vylepšení spočívají v různé kombinaci uhlíku a manganu spolu s dalšími legujícími prvky [8].

Schopnosti čelit opotřebení otěrem je využito také při použití tohoto materiálu ke stavbě železničních vozidel. Destičky z manganové oceli se přivařují tam, kde vzniká velké tření za soustavného vzájemného pohybu součástí. Tyto součásti jsou například vodící trny podvozků lokomotiv i vozů, vedení dvojkolí v podvozku a již zmíněné kluznice.

Mezi nejznámější vlastnosti austenitické manganové vlastnosti patří její schopnost deformačního zpevnění a odolnost proti abrazivnímu opotřebení. Mez kluzu se pohybuje v rozmezí 295 - 390 MPa , mez pevnosti 620 – 1130 MPa [4, 5, 6]. Porovnání mechanických vlastností dodávaného materiálu přílozek a materiálu podle normy ČSN je v tabulce 4.

**Tabulka 4 Mechanické vlastnosti materiálu přílozek
v porovnání s materiálem podle ČSN**

	Tažnost [%]	R_e	R_m
X120Mn12 <i>materiál přílozek</i>	49,7	391	1072
ČSN 41 7618	55	390	1130

Je vhodné když se deformační zpevnění a abrazivní opotřebení navzájem doplňují, protože pouze při abrazivním opotřebení nedochází k tak výraznému zpevnění. Tyto dvě vlastnosti, které jsou hojně využívány, mají ale taky negativní dopad na obrobiteľnosť. Z toho dôvodu sa väčšina súčastí vyrábí, pokiaľ je to možno presným litím. Manganová oceľ sa za určitých podmienok obrábäť dá. Pro tento účel sa dá její obrobiteľnosť zlepšiť prídáním některých prvků. (Bi, Al, S, C).

Dobré obrobitelnosti se dá taky dosáhnout vhodnými obráběcími podmínkami a postupem.

- ostré nástroje
- nástroje určené na tento typ materiálu
- nízké rychlosti
- vhodný tvar na obrábění již po odlití

Protože si manganové oceli i za pokojové teploty zachovávají austenitickou strukturu zrna, a krystalová mřížka austenitu má plošně středěnou strukturu, která je nemagnetická, je i tato ocel nemagnetická. Při svařování však může vlivem oduhličení vzniknout na povrchu slabá magnetická vrstva, která se může odstranit například broušením [3].

1.4 Svařitelnost

V praxi je svařování manganových ocelí provádění svarových spojů mezi manganovou ocelí a jinými druhy ocelí (uhlíkové oceli, oceli nelegované, nízkolegované). To znamená svařování různorodých materiálů, tj. kde oba materiály mají rozdílné mechanické vlastnosti a/nebo chemické složení. Druhým důvodem pro svařování těchto ocelí je obnova opotřeбенých povrchů, navařování opotřeбенých částí pro obnovení vyšší počáteční tvrdosti povrchu, nebo přivaření nové části ze stejného materiálu tj. Mn ocel s Mn ocelí.

Problémem při svařování je teplo přivedené do svaru a náchylnost manganové oceli křehnout vlivem tohoto tepla. Mechanismus zkřehnutí lze popsat tak že, vlivem vneseného tepla při svařování by teplota základního materiálu v TOO mohla dosáhnout žíhací teploty, toto by vedlo k vysrážení karbidů (ocel má poměrně vysoký obsah uhlíku -1,1 až 1,4) a zkřehnutí svarového spoje [3].

Manganová ocel má také malou tepelnou vodivost a vysokou roztažnost, během svařování heterogenních materiálů dochází při těchto rozdílných vlastnostech k vnitřnímu pnutí a při velkých teplotních rozdílech vlivem velikosti navzájem svařovaných dílů by mohlo dojít k porušení svarového spoje.

Při opravách nebo renovacích se s výhodou svařuje obloukovými metodami.

- 111 - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
- 114 - obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu
- 131 - obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu; MIG svařování
- 135 - obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu; MAG svařování

Při svařování plamenem by byla ovlivňována větší část svařovaného materiálu, což je nevýhoda. Svařování obloukem představuje lokální zdroj tepla pro natavení. Při svařování elektrickým obloukem je možnost kontroly vneseného tepla a děje se tak

- použitím malých svařovacích proudů a napětí
- použitím menšího průměru elektrody.
- větší rychlostí svařování tzn. bez rozkvyu.
- měřením teploty a při přesažení doporučené teploty 320°C počkat až svařované místo vychladne [3].
- teplota Interpass ne větší jak 100° C

Složení elektrod pro svařování manganových ocelí bylo předmětem výzkumu už od 1920, kdy byly představeny první elektrody pro svařování manganových ocelí se složením 1,0-1,25% C a 3,0-13,0% Mn. Postupně se přidávaly do elektrod austenitotvorné prvky jako nikl a molybden aby se předešlo vytváření martenzitické struktury při ochlazení po svařování [11]. Při výběru vhodných přídatných materiálů jsou základním parametrem požadované vlastnosti svaru. Ke svařování se používají dva typy přídatného materiálu.

- elektrody pro tvrdé návary [3]
 - FeMnNi (hlavní legující prvky 11 - 15% Mn a 3 - 6% Ni)
 - FeMnMo (hlavní legující prvky 11 - 15% Mn a 0,6 – 1,4% Mo)
 - MnCr (hlavní legující prvky 14 - 15% Mn a 14 – 15 % Cr)
- elektrody pro svařování manganové oceli s ocelí nelegovanou
 - CrNi (hlavní legující prvky 29 % Cr a 9 % Ni)
 - CrNiMn (hlavní legující prvky 19 % Cr, 8 % Ni a 5% Mn)

Elektrody s přísadou niklu anebo molybdenu se používají ke svaření manganových ocelí mezi sebou, dále k opravám dílů z těchto ocelí navařováním. Tyto elektrody se také používají ke svařování manganových ocelí k uhlíkovým a k polštářování před navařováním tvrdé vrstvy. Tato vrstva se navařuje MnCr elektrodou. Obsah manganu v této elektrodě se pohybuje kolem 13%.

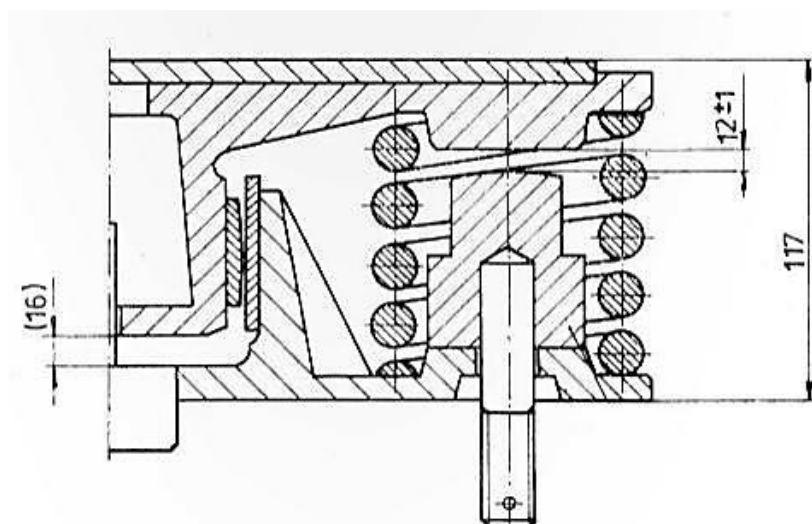
Ke svařování manganových ocelí se dá také s výhodou použít přídatný materiál pro svařování nerezavějících ocelí, elektrody CrNi nebo CrNiMn. Tyto se používají při svařování s oceli uhlíkovými nebo nízkolegovanými [12].

Svařitelnost manganových ocelí je podmíněná použitím vhodného technologického postupu. Správnou volbou přídatného materiálu. Svařování bez předehřevu s kontrolou teploty během svařování pro bezvadné provedení svaru. Je také důležité dodržet základní podmínky přípravy svarových ploch jako je odstranění zbytků původního svarového kovu, odstranění koroze a deformačně zpevněného materiálu, který by mohl svojí náchylností k trhlinám způsobovat problémy [3].

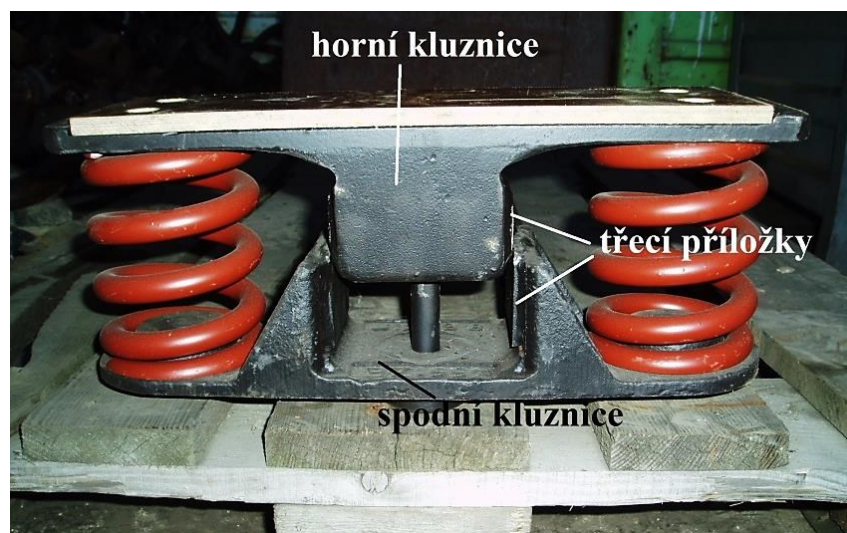
2. TŘECÍ PŘÍLOŽKY KLUZNIC

V praktické části budou provedeny zkušební svary manganových třecích přílozek odpružených kluznic (obr. 3, 4) podvozků typu Y25.

Odpružené kluznice lze zjednodušeně popsat jako tlumicí prvek, který je trvale zatížený částí hmotnosti vozu a částečně tak odlehčuje uložení skříně, pomáhá zajišťovat stabilitu a vzájemný pohyb skříně a podvozku. Třením odpružených kluznic o opěrku na hlavním příčniku spodku skříně vozu vzniká třecí moment, který způsobuje odpor proti natáčení podvozku a působí také jako tlumič pohybů skříně vůči podvozku, a tak stabilizuje chod podvozku při jízdě vyššími rychlostmi po koleji [13]. Kluznice se skládají ze spodní a horní části, jsou odpružené a na každé z nich je přivařena dvojice třecích přílozek z manganové oceli a to tak aby po sestavení obou dílů kluznice bylo zajištěno vzájemné tření těchto částí. Použitím destiček z manganové oceli je zajištěna dlouhá životnost těchto třecích ploch. Při opravách podvozků se zjišťuje, že tyto destičky mají ve svaru trhliny nebo jsou přímo utržené a neplní tak zcela svou funkci.



Obr. 3 Řez kluznicí [13]



Obr. 4 Sestavení kluznice

2.1 Materiál přílozek

Mezinárodní železniční unie (franc. *Union Internationale des Chemins de fer* – UIC) je nadnárodní společnost která, ve všech jejích členských státech koordinuje rozvoj a fungování železnic a řeší také problematiku unifikace železniční techniky. To znamená, že při stavbě nebo opravách železniční techniky musí být dodržovány její normy. Pro dodávky a přebírání materiálů manganových přílozek vydala UIC normu UIC 893 [14].

Norma UIC specifikuje dvě skupiny jakosti, chemické složení a tvrdost v dané jakosti. Určuje i podmínky pro přejímku plechů z manganové oceli. Podle výkresové dokumentace ČDC je příloha z materiálu 17 618 podle ČSN 41 7618. V normě ČSN 41 7618 není tvrdost specifikována.

Použité manganové přílohy pro praktickou část této bakalářské práce jsou podle dokumentu kontroly 3.1, který je k nahlédnutí v příloze, z oceli X120Mn12. Toto je označení pro manganovou ocel podle německé normy DIN [1] kde je takovéto složení v porovnání s požadavkem UIC [14] podle tabulky 5.

Norma UIC 893 nezmiňuje ve specifikaci materiálu obsah chromu. Chrom však není nežádoucí přísada, ale zlepšuje vlastnosti oceli.

Tabulka 5. Porovnání materiálů

	C %	Si %	Mn %	S %	P %	Cr %	Tvrdost HV
UIC 893	1 – 1,50	≤ 0,5	11 - 14	≤0,05	≤0,10	-	≤ 290 315 – 390
DIN X120Mn12	1 – 1,30	0,3-0,5	12 – 13	0,04 max.	0,1 max.	1,5 max.	-
ČSN 41 7618	1,1 – 1,4	1,0 max.	11 – 13	0,04 max.	0,1 max.	-	-

2.2 Svařování Mn příložek kluznic.

Přivaření manganových příložek k tělesu kluznice je spojení různorodých materiálů, při kterém vznikne heterogenní svarový spoj. V tomto případě se jedná o svaření manganem vysokolegované oceli s ocelí na odlitky - ČSN 42 2643 Ocel na odlitky uhlíková. To znamená, že se jedná o oceli nestejného chemického složení a rozdílných struktur a kdy při svaření těchto různých materiálů dochází k degradaci jednoho nebo obou z nich v přechodu materiálů do svarového kovu [7].

Tabulka 6 Porovnání složení oceli X120Mn12 a oceli 42 2643

	C	Mn	Si	P	S	Cr
X120Mn12	1,14	12,01	0,44	0,025	0,006	0,23
42 2643	0,17-0,25	0,5-0,9	0,2-0,5	max. 0,04	max. 0,04	max. 0,3

Porovnáním obou materiálů (tab. 6), lze snadno zjistit, že se výrazně liší v obsahu manganu a uhlíku. Vysoký obsah manganu a technologie výroby manganové oceli způsobí, že v oceli zůstane zachována austenitická struktura, zatímco ocel ČSN 42 2643 bude mít po vychladnutí strukturu feriticko - perlitickou.

Při svařování vznikne tavná lázeň, do které můžeme přidat pomocí přídavného materiálu potřebné legující prvky tak, abychom dostali svarový kov s žádanými vlastnostmi. Pro tento typ svaru to bude požadavek na houževnatost a odolnost proti praskání.

Pro zachování austenitické struktury ve svarovém spoji se tedy volí vhodně legovaný přídavný materiál. Legujícími prvky v tomto případě jsou nikl (3 - 6 % hm) a mangan (6 – 11% hm), tyto prvky jsou austenitotvorné tzn., rozšíří oblast stability tuhého roztoku γ až do teploty okolí[2]. Přídavný materiál se zvýšeným obsahem manganu (až 15 % hm) se používá k navařování opotřebovaných povrchových vrstev pro obnovení požadovaných vlastností opravované součásti. Obsah uhlíku bývá snížený, aby se předešlo vyloučení karbidů na hranicích vznikajících zrn při chladnutí a tím ke zkřehnutí

Při svařování manganových příložek je vhodné svařovat s co nejmenším vnesením tepla do svaru a se zachováním austenitické a tedy houževnaté struktury. Podmínku malého vneseného tepla (Q) do svaru lze splnit následujícími způsoby:

- malým tepelným příkonem
 - rychlost svařování vyšší
 - malý svařovací proud
 - vhodný průměr přídavného materiálu
- svařovat bez předehřevu
- co nejmenší teplota Interpass

Na trhu je dostatečný výběr přídavného materiálu o různém obsahu legujících prvků v již výše uvedených rozsazích a od různých výrobců a svařuje se obloukovými metodami tavného svařování

- 111 - ruční obloukové svařování obalenou elektrodou
- 114 - obloukové svařování plněnou elektrodou bez ochranného plynu
- 131 - obloukové svařování tavící se elektrodou v inertním plynu; MIG svařování
- 135 - obloukové svařování tavící se elektrodou v aktivním plynu; MAG svařování

Na základě současného stavu oprav a zkušeností se svařováním těchto konstrukčních prvků a na základě rozsahu a zachování jednoduchosti údržby těchto konstrukčních prvků se jeví použití metody svařování obalenou elektrodou (111) jako nejvhodnější metoda.

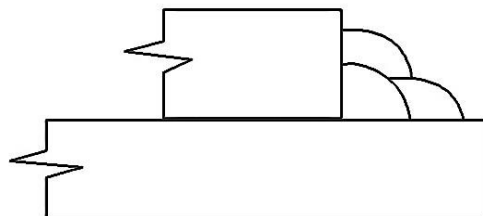
Pro tuto metodu a tento případ svařování různých typů ocelí se jako přídavný materiál preferuje použití tzv. přechodové elektrody. Původně se pro svařování příložek ke kluznicím používal přídavný materiál s označením E – B 456 \varnothing 3,2 mm od výrobce ŽAZ Vamberk [15]. Tento typ elektrody se již nevyrábí a dnes ji nahrazuje elektroda OK 68.81 od firmy ESAB.

Pro velikost svaru, koutový (FW) přeplátovaný a 3,5 – 48 mm je použití přídavného materiálu o průměru 2,5 mm dostatečné (obr. 5) vzhledem k velikosti požadovaného svaru, pracnosti a omezením které kladou vlastnosti svařovaných materiálů.



Obr. 5 Kladení housenky při použití elektrody o průměru 2,5 mm

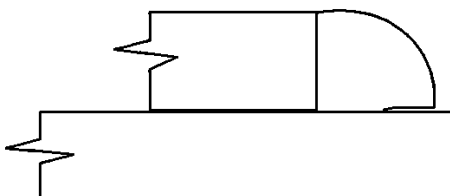
Při použití přídavného materiálu průměru 2 mm by bylo možná nutné provést více svarových housenek (obr. 6).



Obr. 6 Kladení housenek při použití elektrody o průměru 2 mm

To by mohlo být časově náročné vzhledem k nutnosti očištění kořenové vrstvy od strusky a také by se zvýšila teplota Interpass, dále by se mohl zvětšit tepelný příkon což by bylo nežádoucí, vzhledem k povaze materiálu.

Použití přídavného materiálu o průměru 3,2 mm by mohlo být zase nežádoucí z důvodu vyššího proudového zatížení a tím opět vyššího vnesení tepla do materiálu. Při snaze vyhnout se příliš velkému vnesení tepla do materiálu by hrozilo nebezpečí neprůvaru a to z důvodu vyšší rychlosti kladení svarové housenky (obr. 7).



Obr. 7 Příliš velká housenka při použití elektrody o průměru 3,5 mm a možný neprůvar

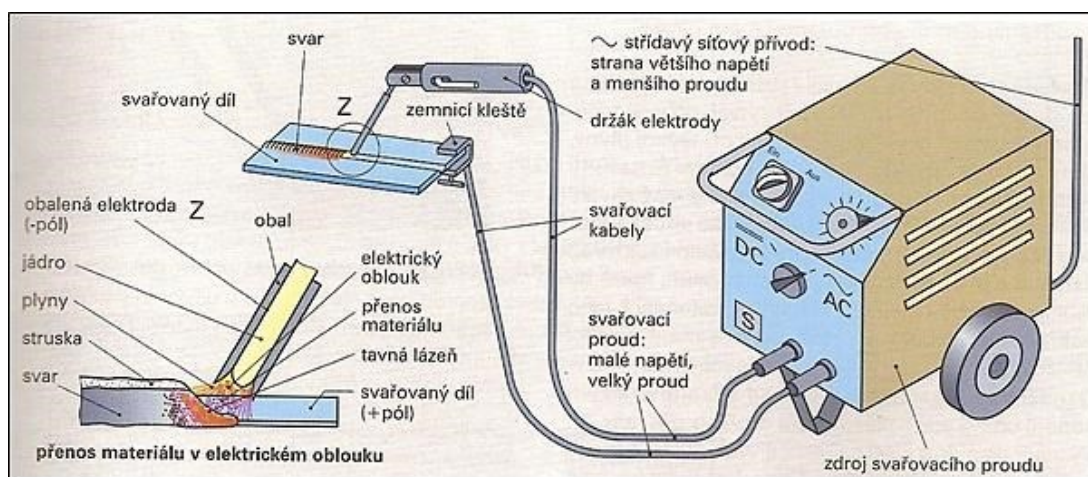
Oprava manganových příložek se provádí buďto výměnou nebo opravou prasklého svaru. Před svařováním se musí odstranit zbytky svarových housenek, zkorodovaná místa nebo při opravě poškozený (prasklý) svar obrousit v celém průřezu. Okolí budoucího svaru také obrousit a zakrýt činnou plochu příložky proti případnému rozstříku. Svar nesmí převýšit činnou plochu příložky.

3. MOŽNÉ ZPŮSOBY SVAŘOVÁNÍ PŘÍLOŽEK

Při opravách kolejových vozidel svařováním se používají především následující způsoby svařování a oba jsou vhodné pro svařování Mn destiček ke kluznicím.

3.1 Svařování obalenou elektrodou

Metoda 111 je nejvyužívanější způsob tavného svařování s dlouhou historií. Je to jednoduchá metoda, kdy se svařuje obalenou elektrodou, jak z hlediska nákladů a parametrů svařování, tak také jednoduchosti přípravy stroje a manipulace s ním. Zejména dnes kdy těžké svářecí agregáty nahrazují malé lehké a snadno přenositelné zdroje svařovacího proudu.



Obr. 8 Svařování obalenou elektrodou – schéma.[21]

Metoda 111 je mnohostranně využitelný způsob tavného svařování a díky možnosti svařování ve všech polohách a při různých podmínkách je hojně využívána. Pořizovací náklady na pořízení svařovacího příslušenství nemusí být vysoké, a je proto první možností

pro volbu technologie svařování. Pro kvalitní svary provedené metodou 111 je nutností dobrá zručnost svářeče [20].

Svarového spoje se docílí hořením oblouku mezi přídavným materiálem (elektroda) a základním materiálem. Z elektrody se odtavuje během hoření kov a ten se ukládá do svarové lázně. Chemickým složením tohoto kovu se dají ovlivnit vlastnosti svaru a docílit tak spojení i mezi nesourodými nebo heterogenními materiály jako je například spojení mezi manganovou a uhlíkovou ocelí [7].

Přídavný materiál se skládá z jádra a obalu. Obal ovlivňuje vlastnosti svarového kovu a průběh hoření. Některé druhy obalů umožňují nebo ulehčují svařování v polohách svislých a nad hlavou. Jiné druhy jsou pro tyto polohy méně vhodné, nemají schopnost udržet svarovou lázeň v požadovaném směru a místě. Při hoření oblouku se z obalu uvolňují plyny, jež zajišťují tvorbu ochranné atmosféry a to z kouře a plynů vznikajících při hoření a spalování tavidla.

Druhy obalů jsou:

- kyselý
- bazický
- celulózový
- rutilový
- rutil-kyselý
- rutil-bazický
- rutil-celulózový

Navržený přídavný materiál pro svařování manganových příložek má obal buď rutil – kyselý nebo bazický. Druh použitého obalu na přídavném materiálu také souvisí s typem zdroje svařovacího proudu

- elektroda OK 68.81 s rutil – kyselým obalem se připojuje na plus pól stejnosměrného zdroje (DC+) nebo na střídavý zdroj (AC)
- a například elektroda OK 67.45, která má bazický obal se připojuje na plus pól stejnosměrného zdroje, jsou i typy na stejnosměrný proud.

- **Tabulka 7 Další možné typy přídavného materiálu od různých výrobců [16, 17, 18, 19]**

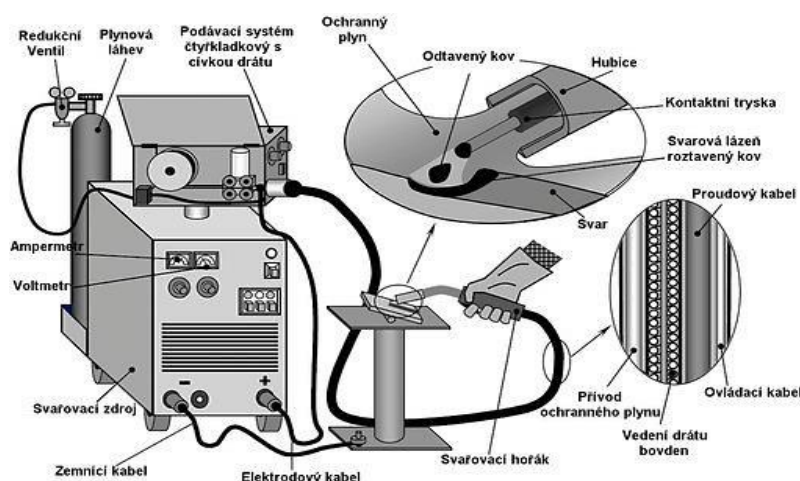
VÝROBCE	TYP CrNi	TYP CrNiMn
Lincoln Electric	Limarosta 312	JUNGO 307
Böhler	FOX CN 29/9	FOX A 7
WELCO	WELCO 1660S	WELCO 1630S

Vhodný průměr elektrody se volí podle technologického postupu, tloušťek spojovaných materiálů a polohy svařování. Svařovací proud udává výrobce v určitém rozmezí. V tomto doporučeném rozmezí je na zkušenosti svářeče a na technologii postupu svařování závislá volba optimálního proudu. Napětí na oblouku nemusí svářeč nastavovat, jeho hodnota je dána statickou charakteristikou elektrického oblouku.

Způsobem držení oblouku, velikostí proudu a rychlostí svařování lze v dobrém nebo špatném směru ovlivnit tvar a kresbu housenky, hloubku závaru, převýšení housenky velikost tepla vneseného do svaru a mechanické vlastnosti vzniklého spoje.

3.2 Svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře

Další způsob svařování vhodný pro svařování manganových příložek je svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře metodou 135 nebo 131. Zde je odtavující se elektrodou drát navinutý na cívce, která je připevněna ve speciálním mechanismu, jenž zajišťuje plynulý posuv drátu do místa vzniku elektrického oblouku.



Obr. 9 Svařování MAG/MIG schéma [22]

Zde ochrannou funkci při hoření oblouku netvoří pevný obal jako u obloukového svařování obalenou elektrodou, ale do děje vstupují ochranné plyny, které jsou k oblouku a svarové lázni přiváděny podávací hubicí. Tyto ochranné plyny se rozdělují na aktivní a inertní čili netečné. Odtud taky pochází název pro tuto technologii.

- metoda 135 - MAG *Metal Active Gas*

ochranné plyny aktivně vstupující do procesu svařování jsou nejčastěji oxid uhličitý CO_2 , směs argonu + CO_2 anebo argonu + O_2 . Tyto plyny nemají jen za úkol chránit svarový kov, ale se aktivně účastní chemických reakcí probíhajících ve svarové lázni.

- metoda 131 MIG *Metal Inert Gas*

ochranné plyny, které pouze chrání svarový kov před přístupem vzduchu a nevstupují do chemických reakcí, jsou argon (Ar) nebo směs argonu s heliem (He). Toto jsou dva nejčastější plyny pro metodu MIG.

Zařízení pro svařování je složitější protože přístroj musí zajistit plynulý posuv drátu a proudění plynu ke svarové lázni. K přísuvu drátu se používá podavač, na kterém je uložena cívka. Tento podavač je buď vestavěný do krytu svařovacího zdroje, nebo externí. Na obrázku č. 9 je příklad svářecího zdroje s externím podavačem.

Skříň svářecího zdroje je uzpůsobena tak aby na ni mohla být uložena tlaková láhev se stlačeným ochranným plynem. Ten pak přes redukční ventil a přes přívodní kabel proudí k hořícímu oblouku. Konstrukce přívodního kabelu umožňuje přívod plynu i přísuv drátu viz obrázek 9.

Zatímco u metody 111 dochází pouze ke kapkovému přenosu kovu do svarové lázně u metod 135/131 je možné upravením parametrů svařování jako jsou.

- svařovací proud
- svařovací napětí
- ochranná atmosféra
- přídavný materiál

dosáhnout různých způsobů hoření oblouku a odtavování elektrody a ukládání odtaveného kovu do svarové lázně. Rozdělení přenosů je následující v pořadí od nejjednoduššího po složitější. Rozdíly mezi nimi jsou ve vhodnosti pro danou polohu svařování, pro různé tloušťky materiálu, pro různé rychlosti a různé šířky závaru.

- zkratový přenos
- zrychlený zkratový přenos
- přechodový oblouk s kapkovým přenosem
- sprchový přenos
- impulsní sprchový přenos
- moderovaný sprchový přenos
- dlouhý oblouk s rotujícím přenosem kovu

Přídavný materiál je v podobě drátu navinutého na cívce. Drát se vyrábí jako plný a legovací prvky jsou v něm přímo obsaženy nebo se vyrábí drát trubičkový a jeho náplň je tvořena ze struskotvorných přísad a tavidel, legury a dezoxidační přísady se většinou přidávají do náplně [20].

Tabulka 8 Možný přídavný materiál pro MIG/MAG svařování

VÝROBCE	TYP CrNiMn
Lincoln Electric	LNT/LNM 307
Böhler	A 7 – IG
WELCO	WELCO A1630
ESAB	OK Autrod 16.95

4. TECHNOLOGICKÝ POSTUP SVAŘOVÁNÍ

V současné době je z navržených způsobů svařování vzhledem k možnostem a vybavení opraven vozů vhodné použít variantu se svařováním metodou 111. Svařovací zdroje pro tento typ svařování již ve vybavení těchto dílen jsou a jedním z dalších důvodů pro zvolení této metody je víceméně kusová oprava, kdy by se pravděpodobně nevyplatilo pořizovat cívku s přídavným materiálem pro svařování těchto spojů a neustále ji vyměňovat. Na pracovišti se nachází jeden svařovací zdroj pro svařování metodou 135/131.

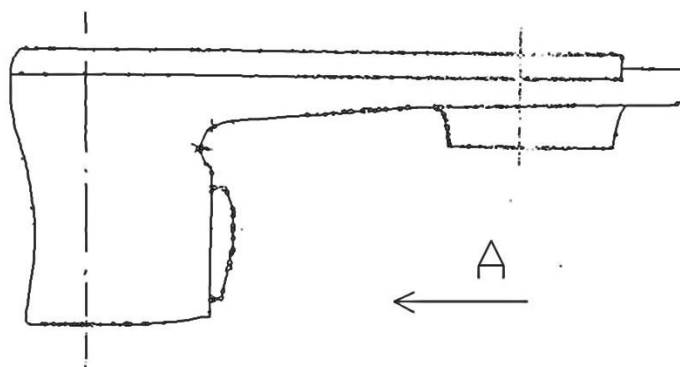
Technologický postup je zpracován pro metodu 111 a horní a spodní díl kluznic. Souhrnné údaje o polohách a rozměrech svarů jsou v tabulce č. 9. Podrobné parametry jsou uvedeny v příslušných pWPS, které jsou součástí přílohy.

Tabulka 9 Polohy a rozměry svarů

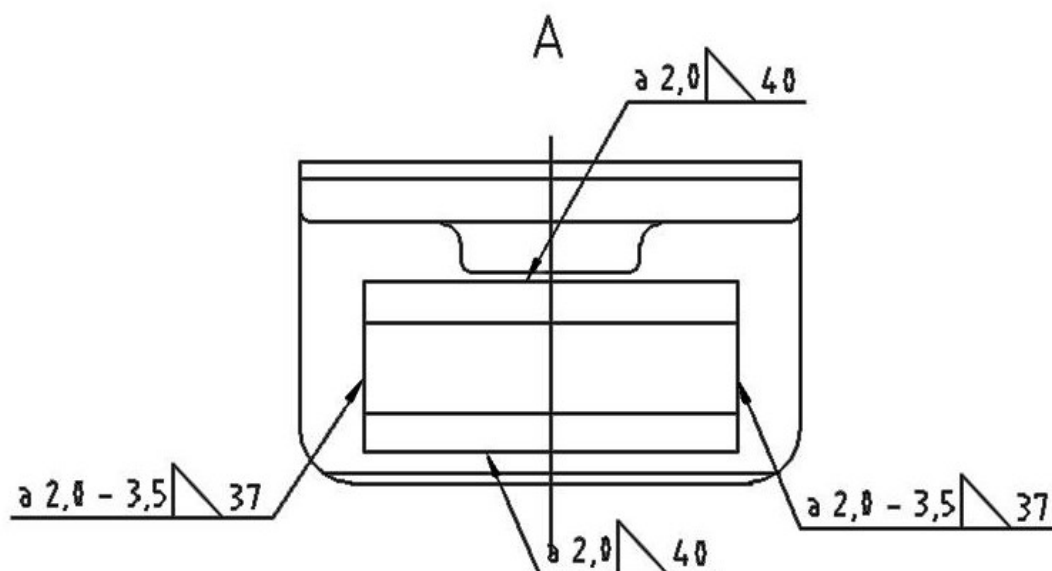
Seznam pWPS						
č. pWPS	Metoda	Typ svaru	Tloušťka ZM	Poloha svařování	Velikost svaru	Přídavný materiál
W-001	111	FW	(3–5) / (8–10)	PB	přeplátovaný a (2 – 3,5)	Ø 2,5 mm OK 68.81
W-002	111	FW	5 / 10	PB	přeplátovaný a 3,5	Ø 2,5 mm OK 68.81
W-003	111	FW	(3 – 5) / (8–10)	PB	přeplátovaný a (2 – 3,5)	Ø 2,5 mm OK 68.81
W-004	111	FW	5 / 10	PF	přeplátovaný a 3,5	Ø 2,5 mm OK 68.81
W-005	111	FW	5 / 10	PB	přeplátovaný a 3,5	Ø 2,5 mm OK 68.81

4.1 Pracovní instrukce pro výměnu utržených manganových příložek horního a spodního dílu odpružené kluznice PI 4.1

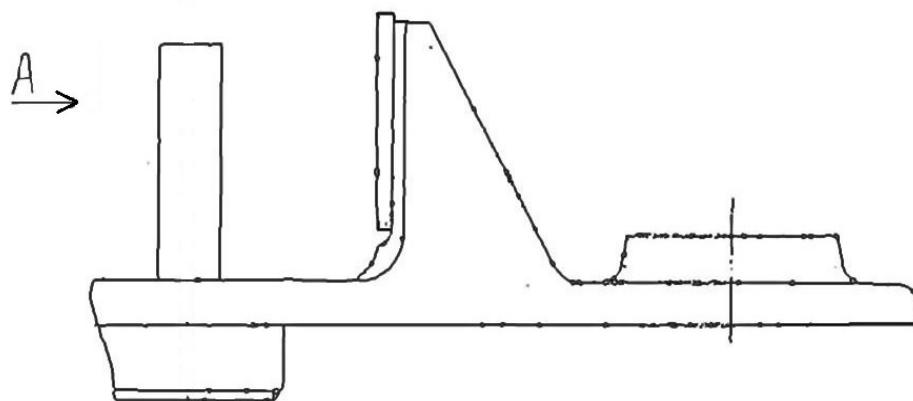
1. Zpřístupnit místo opravy, horní díl kluznice odebrat a vizuálně identifikovat poškození. Výměna příložky se provede, jestliže opotřebení příložky je větší, než je přípustná tolerance, je-li prasklá, upadlá anebo ohnutá. V případě že je příložka upadlá nebo má prasklý svar na více než 50 % délky svarové housenky tuto vždy vyměnit za nový kus.
2. Spodní díl kluznice z podvozku demontovat.
3. Obrousit dosedací plochy od původních svarů. Kontrolovat rovinnost při broušení. Čistit okolí budoucího svaru do vzdálenosti min 50 mm od hrany na čistý kov. V případě potřeby odmastit a důkladně vytříť.
4. Novou příložku pomocí zámečnických svěrek ustavit na místo a zkontrolovat polohu podle výkresové dokumentace. Činnou plochu příložky zakrýt. Například kusem plechu vhodné velikosti vloženým mezi svěrku a příložku.
5. Provést svaření příložky na kluznici s parametry dle pWPS č. W - 001 pro horní díl kluznice (obr. 10 a 11) – (polohovat do polohy PB) a W – 002, 005 pro spodní díl kluznice (obr. 12 a 13) – (polohovat vždy do polohy PB). Čistit a prohlédnout, průběžně kontrolovat ustavení.
6. Kontrola provedené práce NDT - VT. Prováděcí předpis ČSN EN ISO 17637, stupeň kvality B dle ČSN EN ISO 5817.
7. Kontrola NDT – PT s četností 1x měsíčně. Prováděcí předpis ČSN EN ISO 3452-1, kritérium přípustnosti 2x podle ČSN EN ISO 23277. Záznam do Deníku defektoskopických kontrol.
8. V případě negativního výsledku provést opravu dle Pracovní instrukce pro opravu svaru manganové příložky, PI 4.2
9. Vystavení Protokolu o vizuální kontrole svaru – četnost 1x měsíčně. Záznam do svářečského deníku: MK, NDT - VT.



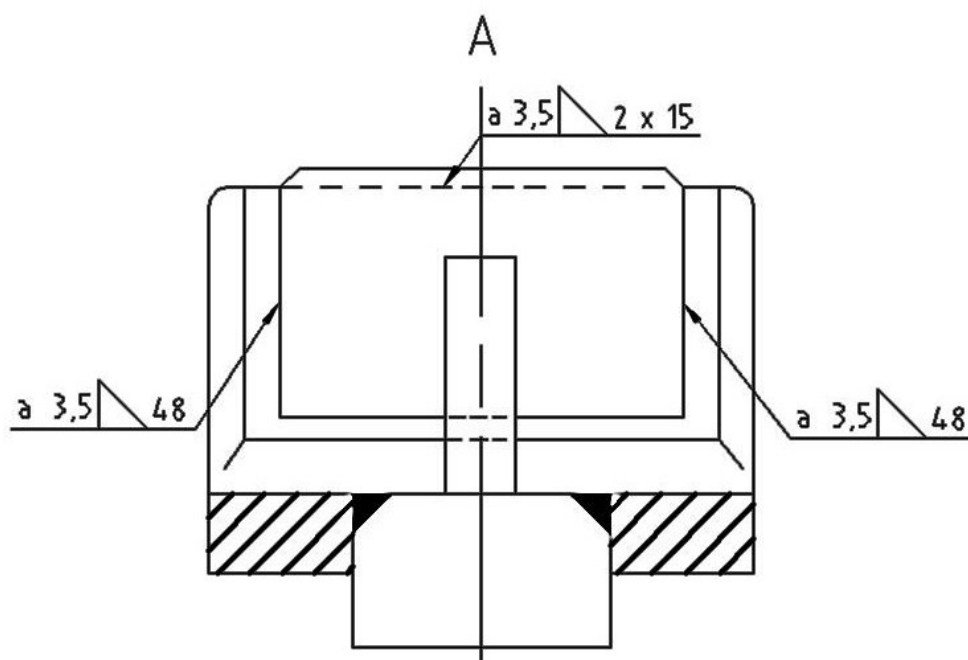
Obr. 10 Horní díl kluznice



Obr. 11 Pohled na přilozku horního dílu kluznice



Obr. 12 Spodní díl kluznice



Obr. 13 Pohled na příložku dolní kluznice

4.2 Pracovní instrukce pro opravu prasklých svarů manganových příložek horního a spodního dílu odpružené kluznice PI 4.2

1. Zpřístupnit místo opravy, horní díl kluznice odebrat a vizuálně identifikovat poškození. Oprava svaru příložky se provede, jestliže má prasklý svar na méně než 50 % délky svarové housenky a tato příložka není spadlá, prasklá nebo opotřebovaná.
2. Spodní díl kluznice se z podvozku nedemontuje.
3. Obrousit poškozený svar v celé délce. V případě potřeby odmastit a důkladně vytříť.
4. V případě podezření na neodstranění celého poškození provést NDT kontrolu – PT. Prováděcí předpis ČSN EN ISO 3452-1, kritérium přípustnosti 2x dle ČSN EN ISO 23277. Záznam do Deníku defektoskopických kontrol
5. V případě negativního výsledku celý postu opakovat od bodu 3.
6. Provést svar s parametry dle pWPS č. W - 003 pro horní díl kluznice – (polohovat do polohy PB) a W - 004, 005 pro spodní díl kluznice (svary v poloze PF a PB). Čistit a prohlédnout, průběžně kontrolovat ustavení.
7. Kontrola provedené práce NDT - VT. Prováděcí předpis ČSN EN ISO 17637, stupeň kvality B dle ČSN EN ISO 5817.
8. Kontrola NDT – PT s četností 1x měsíčně. Prováděcí předpis ČSN EN ISO 3452-1, kritérium přípustnosti 2x podle ČSN EN ISO 23277. Záznam do Deníku defektoskopických kontrol.
9. V případě negativního výsledku celý postup opakovat.
10. Vystavení Protokolu o vizuální kontrole svaru – četnost 1x měsíčně. Záznam do svářečského deníku: MK, NDT - VT.

5. NEDESTRUKTIVNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SVAROVÝCH SPOJŮ

V praktické části je provedeno ověření vlastností svaru vytvořeného navrženým přídavným materiálem za pomoci destruktivních a nedestruktivních metod zkoušení. Za různých podmínek, bylo svařeno šest zkušebních vzorků, ze kterých byly vybrány dva reprezentativní vzorky (č. 2 a 6), na kterých byla provedena vizuální kontrola svaru a kontrola metodou penetrační. Podmínky, za kterých, byly dva vybrané zkušební vzorky svařeny, jsou uvedeny v tabulce 10. Tyto dva vzorky, byly vybrány podle následujících kritérií.

- vzorek číslo 2 - vzorek kde na základě volby parametrů svařování byl předpoklad použití minimálního tepelného příkonu což se ovšem při jeho pozdějším přepočtu nepotvrdilo.
- vzorek číslo 6 - vzorek, který vyhověl nedestruktivním metodám zkoušení.

Následovalo rozřezání vzorků a kontrola makroskopické struktury s následnou kontrolou mikroskopické struktury.

Tabulka 10

Vzorek č. Podmínky	2	6
Metoda svařování	111	111
Svařovací proud	55 A	85 A
Poloha	PF s výběhem do polohy PB, s rozkyvem	vždy v poloze PB, bez rozkyvu
Tepelný příkon	0,744 kJ · mm ⁻¹	0,604 kJ · mm ⁻¹
Přídavný materiál	OK 68.81 Ø 2,5 mm	OK 68.81 Ø 2,5 mm

5.1. Zkoušení vizuální metodou

Vizuální kontrola je levná a jednoduchá metoda ke zjišťování vad povrchu kontrolovaných svarů. Kontrola se obvykle provádí u svarů po jejich dokončení, ale může být provedena i v jednotlivých etapách, nebo i během svařování. Kontrola se řídí normou ČSN EN ISO 17637 Nedestruktivní zkoušení tavných svarů – Vizuální kontrola. Tato norma stanovuje podmínky, které jsou kladeny jak na personál, tak i na pracovní podmínky při kontrole.

Další norma, kterou se řídí vizuální kontrola je ČSN EN ISO 5817 Svařování - Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (mimo elektronového a laserového svařování) - Určování stupňů kvality. V této normě jsou určeny stupně kvality a jsou zde definovány přípustnosti vad v jednotlivých stupních. Tyto stupně jsou tři – B, C, D přičemž stupeň B odpovídá nejvyššímu požadavku na kvalitu.

Pro provedení vizuální kontroly je tedy nutno splnit tyto podmínky.

Podle ČSN EN ISO 17637

- přístup k výrobní dokumentaci a znát rozsah kontroly
- informace o použitém postupu svařování a konfiguraci svaru
- zraková způsobilost, prověřování každých 12 měsíců
- minimální intenzita osvětlení 350 lux, doporučeno 500 lux
- dostatečný prostor pro oči, prohlížení ze vzdálenosti menší než 600 mm a pod úhlem větším jak 30°
- mít vybavení pro určení velikostí a rozměrů vad

Podle ČSN EN ISO 5817

- stanovit stupeň kvality pro posuzování vad

5.1.1 Vizuální kontrola vzorku č. 2

Parametry svařování vzorku č. 2.

- svařovací proud 55 A
- napětí 22,2 V
- délka svaru 63 mm
- rychlost svařování pravá strana $1,313 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, levá strana $1,636 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$
- vnesené teplo: pravá strana $Q = k \frac{U \cdot I}{v} = 0,744 \text{ kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$
levá strana $Q = k \frac{U \cdot I}{v} = 0,597 \text{ kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$
- koeficient pro metodu svařování 111 $k = 0,8$
- svařeno bez rozkyvu, upnuto zámečnickou svěrkou

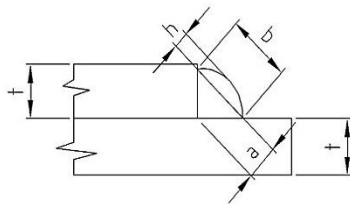


Obr. 14 Čelní pohled na vzorek č. 2

Při vizuální kontrole byly kontrolovány oba svary.

V tabulce 11 je záznam o vizuální kontrole.

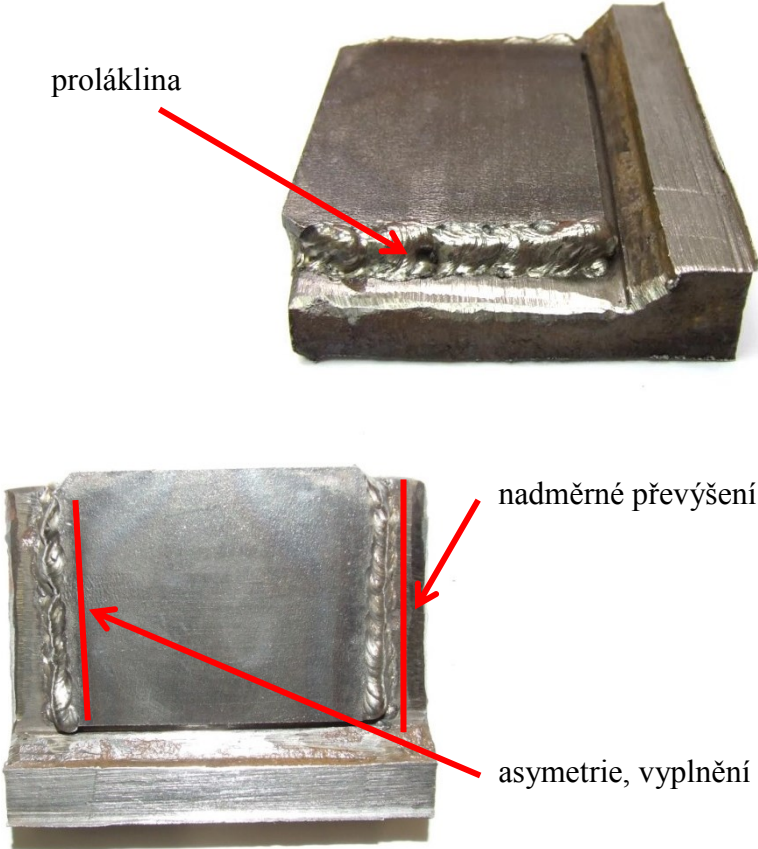
Tabulka 11 Protokol o vizuální kontrole

Normy	ČSN EN ISO 5817 ČSN EN ISO 17637		Stupeň kvality	B	Protokol č.	1
			Název svařence, číslo výkresu	Vzorek číslo 2		
Materiál	Ocel X12Mn12, ocel na odlitky uhlíková ČSN 42 2643, přídavný materiál OK 68.81					
Druh svaru	FW	Typ svaru, rozměr	Koutový svar a 3,5 mm			
Poloha	PF					
Měřidla, pomůcky	měrka svarů Cambridge, posuvné měřítko, luxmetr, měrka na koutové svary, lupa			a = střed 4 a 3,4 mm; b = střed 7,8 a 8,3 mm; t = 5 a 10 mm		

číslo dle ISO 6520		NÁZEV VADY	MEZNI HODNOTY		VYP. HODNOTA	SKUT. HODNOTA	*) V/N
			FW	t (mm)			
100	VADY POVRCHU SVARU	Trhlina	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	V
104		Kráterová trhlina	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	V
401		Studený spoj	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	V
2017		Povrchový pór (max. rozměr jednotlivého póru)	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			nepřípustné	> 3	nepřípustné	nenalezen	V
2025		Koncová kráterová staženina	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			nepřípustné	> 3	nepřípustné	nenalezena	V
5011 5012		Souvislý zápal Nesouvislý zápal	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			$h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	nenalezena	V
503		Nadměrné převýšení FW svaru	$h \leq 1\text{ mm} + 0,1\ b$ (ale max. 3 mm)	≥ 0,5	1,78 1,83	1,5 2	N
509		Proláklina	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			KV*: $h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	2	N
511		Neúplné vyplnění svaru	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			KV*: $h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	2	N
512		Nadměrná asymetrie FW svaru	$h \leq 1,5\text{ mm} + 0,15a$	≥ 0,5	2,1 2,0	2,5 2,5	N
517		Vadné napojení	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	
5213		Podkročení vel. FW svaru	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
	nepřípustné		> 3	nepřípustné	nenalezena		

číslo dle ISO6520		NÁZEV VADY	MEZNI HODNOTY		VYP. HODNOTA	SKUT. HODNOTA	*) V/N
			FW	t (mm)			
5214	VADY POVRCHU SVARU	Překročení vel. FW svaru	$h \leq 1\text{mm} + 0,15a$ (ale max. 3 mm)	$\geq 0,5$	1,6 1,5	2 1,5	N
601		Dotyk elektrodou	nepřípustné	$\geq 0,5$	nepřípustné	nenalezena	V
602		Rozstřík	závisí na použití	$\geq 0,5$		nenalezen	V

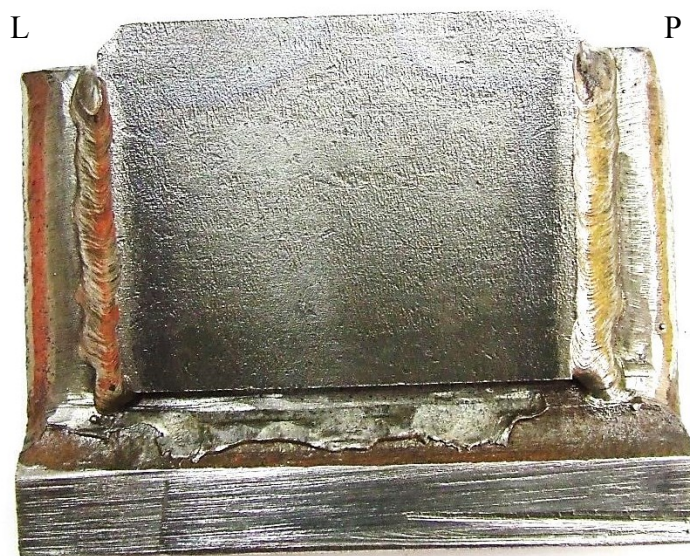
*) V – vyhověl; N – nevyhověl; KV – krátká vada

Nákres polohy a identifikace vady							
		Celkový výsledek, poznámka					
		Vzorek č. 2 při vizuální kontrole nevyhověl					
Dne		Vyhotovil		Podpis			

5.1.2 Vizuální kontrola vzorku č. 6

Parametry svařování vzorku č. 6

- svařovací proud 85 A
- napětí 23,4 V
- délka svaru 63 mm
- rychlost svařování pravá strana $2,559 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, levá strana $2,635 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$
- vnesené teplo: pravá strana $Q = k \frac{U \cdot I}{v} = 0,622 \text{ kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$
levá strana $Q = k \frac{U \cdot I}{v} = 0,604 \text{ kJ} \cdot \text{mm}^{-1}$
- koeficient pro metodu svařování 111 $k = 0,8$
- svařeno bez rozkyvu, upnuto zámečnickou svěrkou

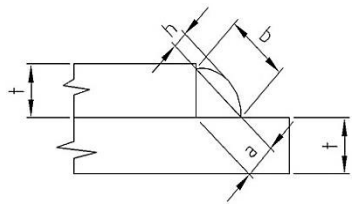


Obr. 15 Čelní pohled na vzorek č. 6

Při vizuální kontrole byly kontrolovány oba svary.

V tabulce 12 je záznam o vizuální kontrole.

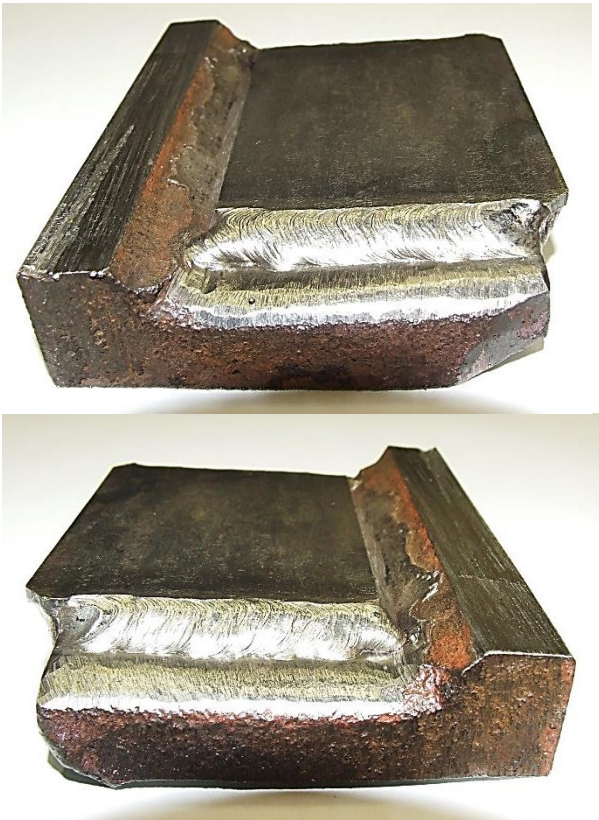
Tabulka 12 Protokol o vizuální kontrole

Normy	ČSN EN ISO 5817 ČSN EN ISO 17637		Stupeň kvality	B	Protokol č.	2
			Název svařence, číslo výkresu	Vzorek číslo 6		
Materiál	Ocel X12Mn12, ocel na odlitky uhlíková ČSN 42 2643, přídatný materiál OK 68.81					
Druh svaru	FW	Typ svaru, rozměr	Koutový svar a 3,5 mm			
Poloha	PB					
Měřidla, pomůcky	měrka svarů Cambridge, posuvné měřítko, luxmetr, měrka na koutové svary, lupa			a = střed 3,8 a 3,7 mm; b = střed 7,8 mm; t = 5 a 10 mm		

číslo dle ISO 6520		NÁZEV VADY	MEZNI HODNOTY		VYP. HODNOTA	SKUT. HODNOTA	*) V/N
			FW	t (mm)			
100	VADY POVRCHU SVARU	Trhlina	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	v
104		Kráterová trhlina	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	v
401		Studený spoj	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	v
2017		Povrchový pór (max. rozměr jednotlivého póru)	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			nepřípustné	> 3	nepřípustné	nenalezen	v
2025		Koncová kráterová staženina	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			nepřípustné	> 3	nepřípustné	nenalezena	v
5011 5012		Souvislý zápal Nesouvislý zápal	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			$h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	nenalezena	v
503		Nadměrné převýšení FW svaru	$h \leq 1\text{ mm} + 0,1\ b$ (ale max. 3 mm)	≥ 0,5	1,8 1,8	0,3 0,4	v
509		Proláklina	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			KV*: $h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	nenalezena	v
511		Neúplné vyplnění svaru	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné		
			KV*: $h \leq 0,05\ t$ (ale max. 0,5mm)	> 3	0,4	nenalezena	v
512		Nadměrná asymetrie FW svaru	$h \leq 1,5\text{ mm} + 0,15a$	≥ 0,5	2,1 2,0	nenalezena	v
517		Vadné napojení	nepřípustné	≥ 0,5	nepřípustné	nenalezena	
5213	Podkročení vel. FW svaru	nepřípustné	0,5 - 3	nepřípustné			
		nepřípustné	> 3	nepřípustné	nenalezena		

číslo dle ISO6520		NÁZEV VADY	MEZNI HODNOTY		VYP. HODNOTA	SKUT. HODNOTA	*) V/N
			FW	t(mm)			
5214	VADY POVRCHU SVARU	Překročení vel. FW svaru	$h \leq 1\text{mm} + 0,15a$ (ale max. 3 mm)	$\geq 0,5$	1,6 1,6	0,3 0,4	V
601		Dotyk elektrodou	nepřípustné	$\geq 0,5$	nepřípustné	nenalezena	V
602		Rozstřík	závisí na použití	$\geq 0,5$		nenalezen	V

*) V – vyhověl; N – nevyhověl; KV – krátká vada

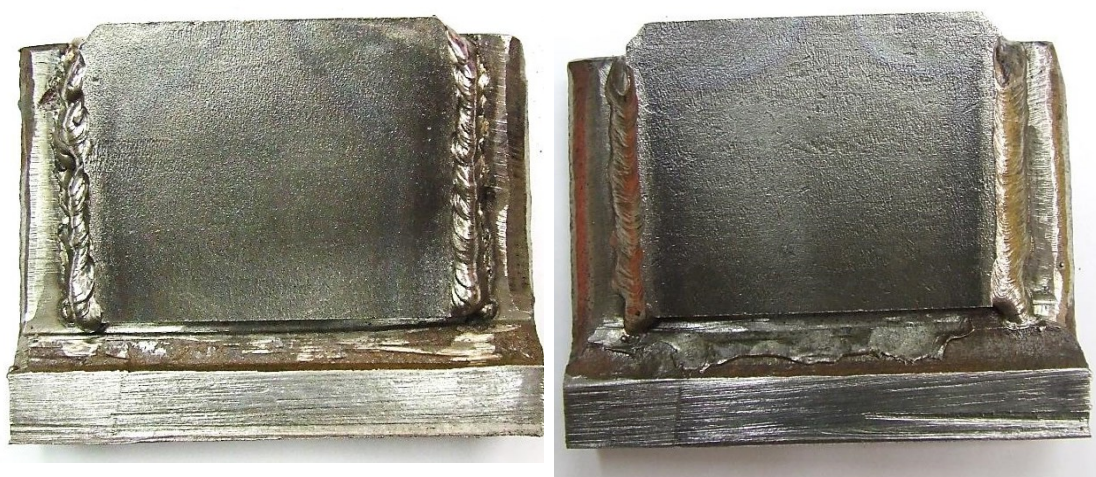
<p>Nákres polohy a identifikace vady</p>					
	<p>Vzorek č. 6 při vizuální kontrole vyhověl</p>				
Dne		Vyhotovil		Podpis	

5.1.3 Vyhodnocení vizuální zkoušky.

Vizuální metodou zkoušení byly zkontrolovány celkem čtyři svarové housenky provedené za různých podmínek. U vzorku č. 2 byly již na první pohled viditelné nesymetrie svaru, příliš velké převýšení a na levé straně svaru dokonce proláklina. Tyto vady vznikly za podmínek svařování, kdy byl použit nejmenší možný svařovací proud podle doporučení výrobce přídavného materiálu v kombinaci svařování v poloze PF a použití rozkyvu elektrody ve snaze o dostatečný závar. Tyto podmínky svařování, byly vybrány ve snaze o co nejmenší tepelné ovlivnění manganové oceli ačkoliv, je již z výpočtu vneseného tepla $[Q]$ a porovnáním se vzorkem č. 6 zřejmé že tato podmínka nebyla dodržena.

U vzorku č. 6 vizuální metoda neprokázala žádnou neshodu s požadovaným stupněm kvality – B podle ČSN EN ISO 5817. U tohoto vzorku byl použit svařovací proud 85 A což je maximální doporučená hodnota výrobce pro tento přídavný materiál. Aby se eliminovalo vnesené teplo, do manganové oceli, bylo svařováno bez rozkyvu a tedy vyšší rychlostí. Zde byla použita i vhodnější poloha pro svařování – PB.

Porovnáním použitých parametrů svařování a výsledků vizuální zkoušky lze dojít v této části zkoušení k závěru, že parametry použité pro svaření vzorku č. 6 jsou vhodnější.



Obr. 16 Porovnání obou vzorků

5.2 Zkoušení kapilární metodou.

Oproti vizuální kontrole lze kapilární zkouškou zjistit vady, které jsou skryté nebo tak malé že pouhým okem a lupou jsou nepostřehnutelné, ale tyto vady musí s povrchem zkoušeného svaru bezprostředně souviset. Vada musí být tak malá, aby do ní ještě mohla proniknout detekční kapalina. Touto metodou lze úspěšně odhalovat povrchové trhliny, zápaly, póry a studené spoje.

Princip metody spočívá v tom, že při použití vhodné kapaliny, která pronikne do vady a po použití vývojky lze tuto vadu odhalit. Kapalina použitá pro proniknutí do vady musí mít nízké povrchové napětí, aby očištění povrchu a nanesení vývojky podél stěn vady, trhliny vzlínala k povrchu a vývojku obarvila. Při použití barevné indikace je penetrační kapalina zpravidla červené barvy a vývojka bílé. Při použití metody fluorescenční se vada projeví při použití UV záření světélkující indikací. Použitelnost této metody je 5 – 50° C [7].

Zkoušení kapilární metodou se řídí normou.

- ČSN EN ISO 3452 - 1 Nedestruktivní zkoušení – Kapilární zkouška
Část 1: Obecné zásady
- ČSN EN ISO 23277 Nedestruktivní zkoušení svarů – Zkoušení svarů kapilární metodou - Stupně přípustnosti

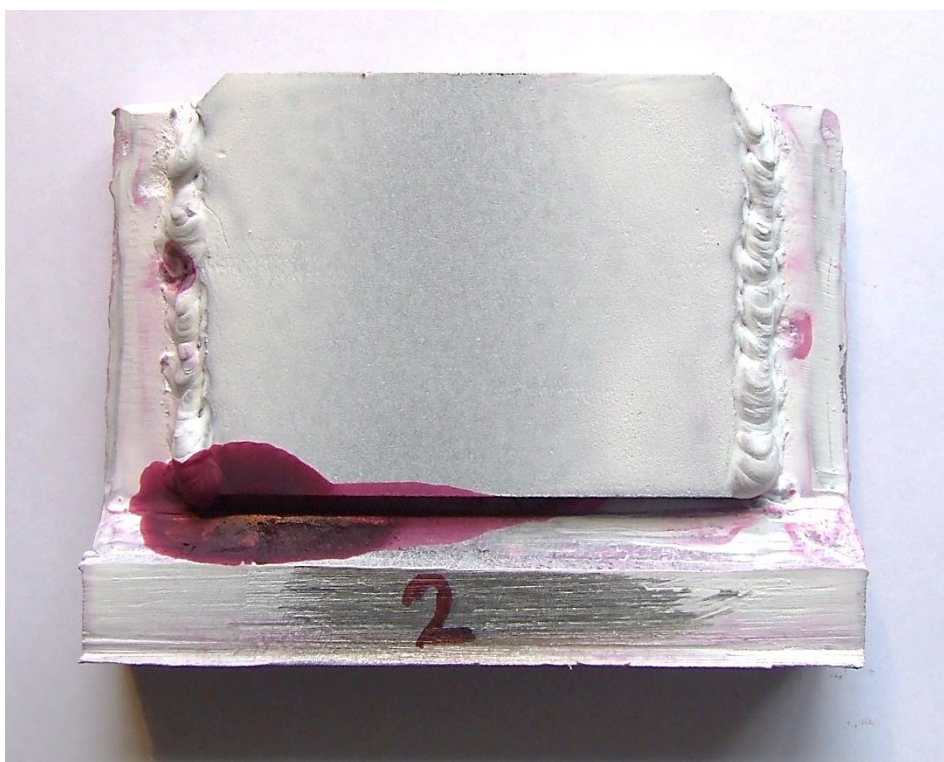
Postup zkoušky.

- příprava povrchu
 - čištění, odmaštění
- nanesení detekční kapaliny
 - nástrík, nátěr
 - časová prodleva podle údajů výrobce penetrantu
- odstranění přebytečného penetrantu z povrchu
- použití vývojky, vyvolání indikace
 - na bílém povrchu se začne objevovat barevná stopa
- vyhodnocení přípustností vad

5.2.1 Kapilární zkouška vzorku č. 2

Použité prostředky a parametry zkoušky.

- Sada barevných sprejů pro kapilární metodu: DIFFU- THERM
- Luxmetr: LX 103
- Dotykový teploměr: THERM 2220-13
- teplota součástí: 21°C
- bílé světlo (denní): min. 500lux – naměřeno 1380 lux
- lupa - min. 4X zvětšující



Obr. 17 Pohled na zkoušenou součást



Obr. 18 Pravá strana vzorku po vyvolání indikace

Obr. 18 indikace vady na základním materiálu, kdy se jako vada projevil zbytek původního svaru.



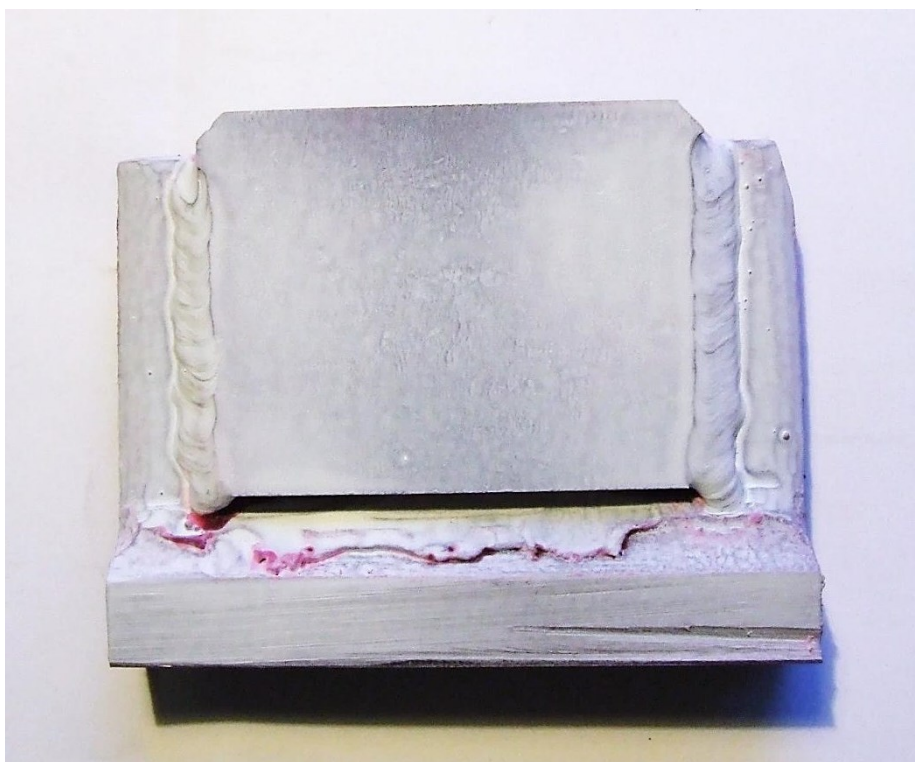
Obr. 19 Levá strana vzorku po vyvolání indikace

Obr. 19 indikace nepřipustné vady na levé straně vzorku. Vada byla zjištěna již při vizuální kontrole.

5.2.2 Kapilární zkouška vzorku č. 6

Použité prostředky a parametry zkoušky.

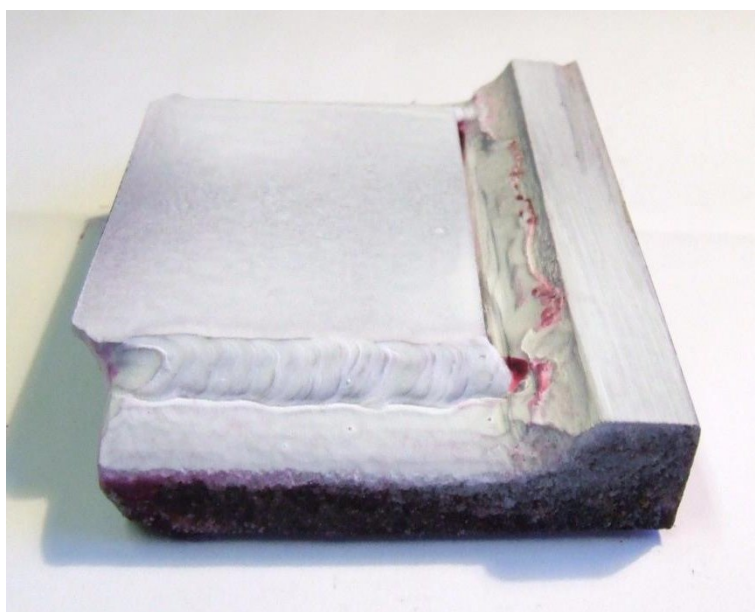
- Sada barevných sprejů pro kapilární metodu: DIFFU- THERM
- Luxmetr: LX 103
- Dotykový teploměr: THERM 2220-13
- teplota součástí: 21°C
- bílé světlo (denní): min. 500 lux – naměřeno 1380 lux
- lupa - min. 4X zvětšující



Obr. 20 Pohled na zkoušenou součást



Obr. 21 Pravá strana, bez indikace



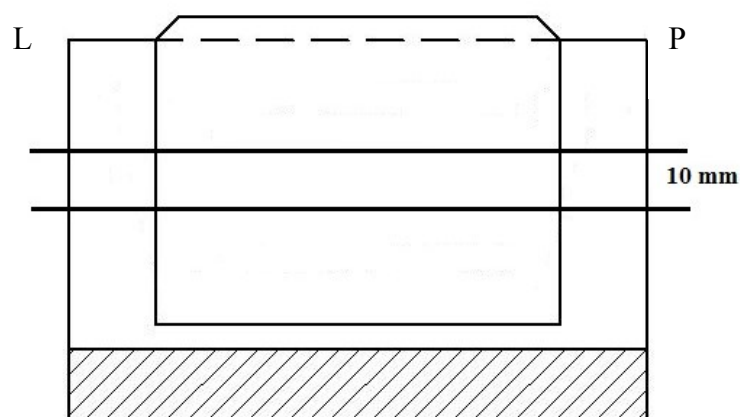
Obr. 22 Levá strana, bez indikace

5.2.3 Vyhodnocení kapilární zkoušky

Zkouška kapilární potvrdila výsledky zkoušky vizuální a navíc upozornila na nedostatek při přípravě povrchu, kdy byl indikován zbytek původního svaru na základním materiálu.

6. DESTRUKTIVNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ SVAROVÉHO SPOJE

Další částí zkoušení svarového spoje je destruktivní zkoušení. Při tomto zkoušení byl ze vzorků odebrán výřez podle schématu na obr. 23.



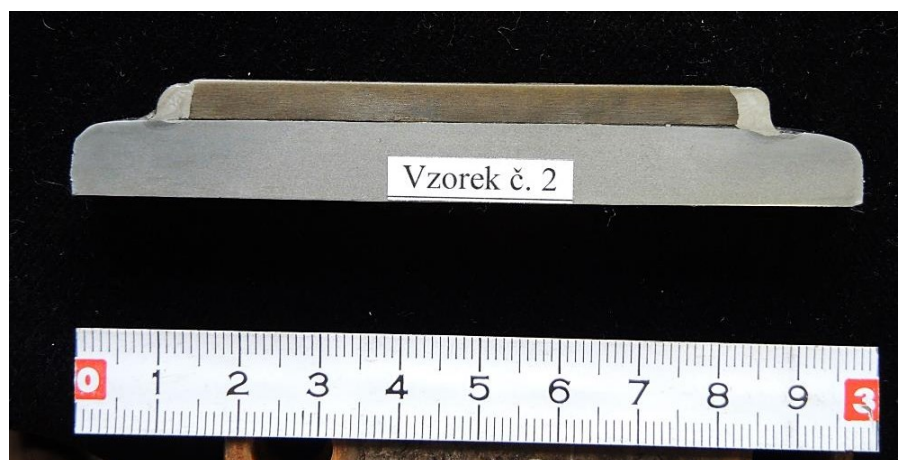
Obr. 23 Způsob rozřezání vzorků

Nejprve byla provedena prohlídka makrostruktury a poté byly oba výřezy opět rozřezány pro zkoušku mikrostruktury. Pro tuto zkoušku byla již vybrána jen pravá strana ze vzorku č. 2, tato strana měla největší množství vneseného tepla. Ze vzorku č. 6 byla vybrána také pravá strana. Vzorky pro kontrolu makrostruktury byly připraveny broušením a leptáním tak, aby byly rozeznatelné hranice ztavení a tepelně ovlivněné oblasti. Zkouška makrostruktury byla provedena na stereomikroskopu Olympus SZX7.

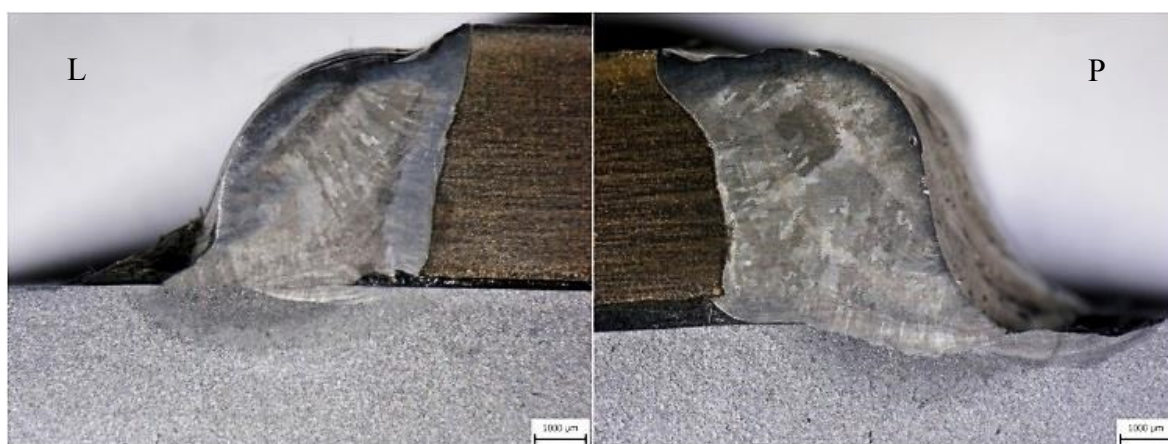
Příprava vzorků ke kontrole mikrostruktury byla doplněna o další broušení a leštění. Vzorky byly leptány elektrolyticky v 4 % vodném roztoku oxidu chromového. Při vyhodnocení mikrostruktury byl použit přístroj Neophot 21 s obrazovou analýzou Quickphoto Industrial 3.0.

Po destruktivním zkoušení byla provedena zkouška tvrdosti, na tvrdoměru HPO 250, podle Vickerse, HV10.

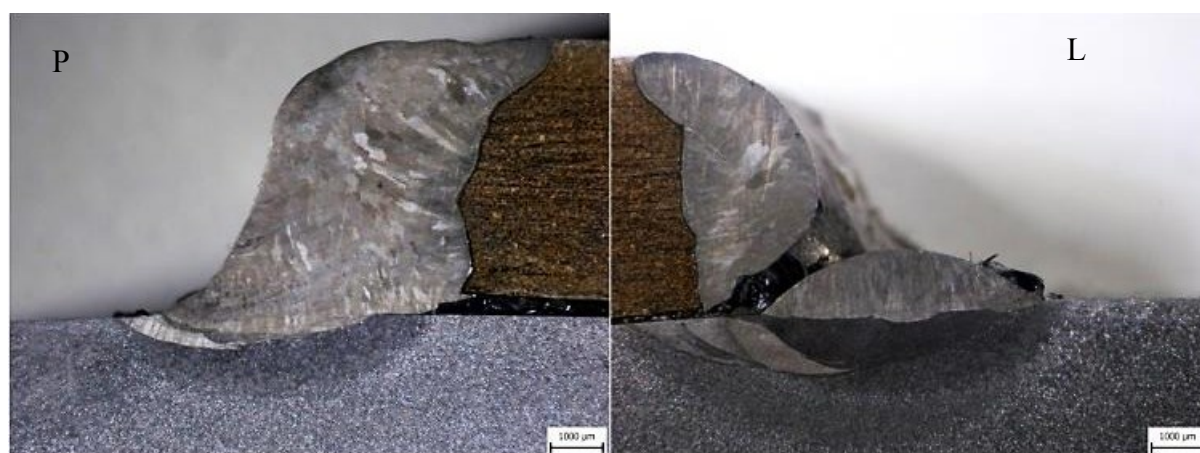
6.1.1 Zkouška makrostruktury vzorku č. 2



Obr. 24 Výřez vzorku č. 2



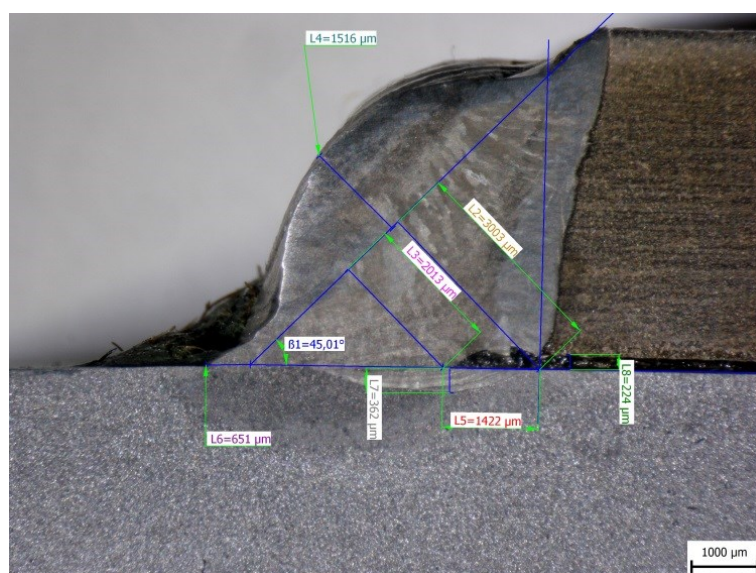
Obr. 25 Zvětšení 5x



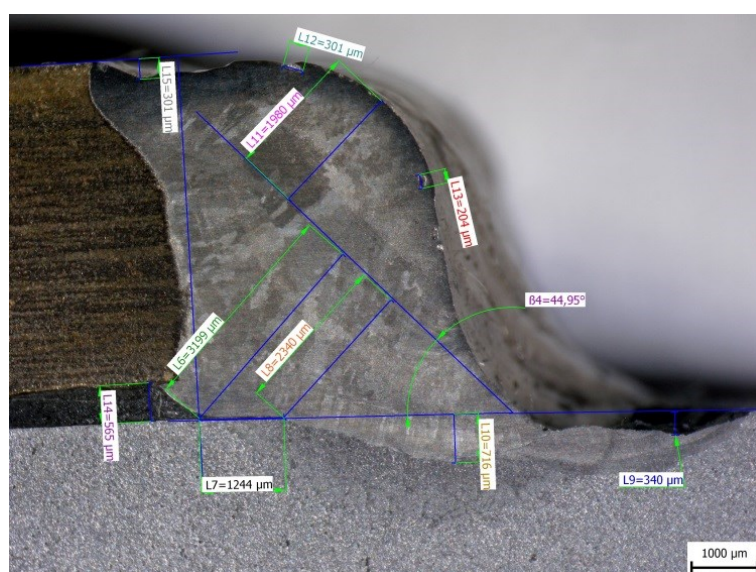
Obr. 26 Zvětšení 5x

Tabulka 13 Vyhodnocení makrostruktury vz.2

Obr. 25 levá strana	neprůvar, studený spoj, nadměrné převýšení, neodstraněný původní svar
Obr. 25 pravá strana	neprůvar, studený spoj, dutina 2x, neodstraněný původní svar
Obr. 26 pravá strana	neprůvar, studený spoj, neodstraněný původní svar
Obr. 26 levá strana	neprůvar, studený spoj, proláklina



Obr. 27 Měření parametrů svaru



Obr. 28 Měření parametrů svaru

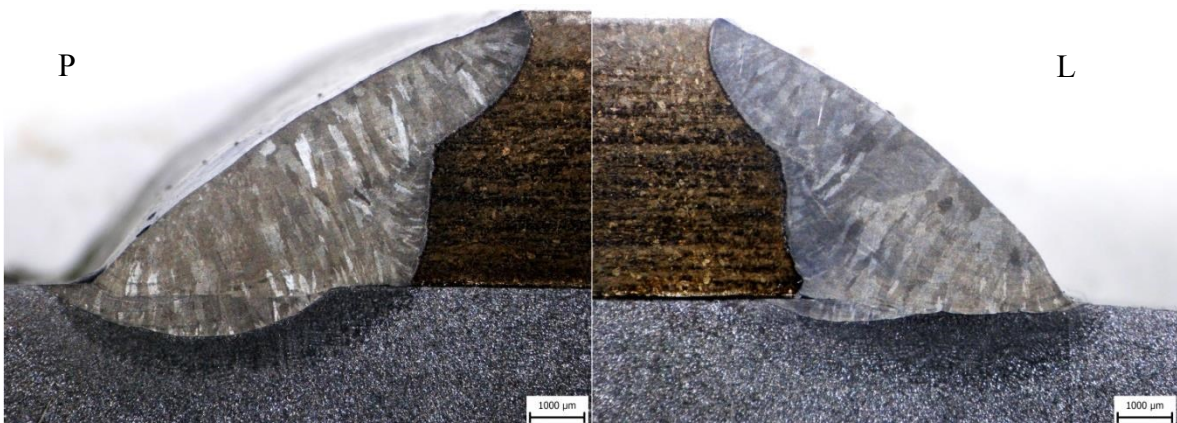
6.1.2 Zkouška makrostruktury vzorku č. 6



Obr. 29 Výřez vzorku č. 6



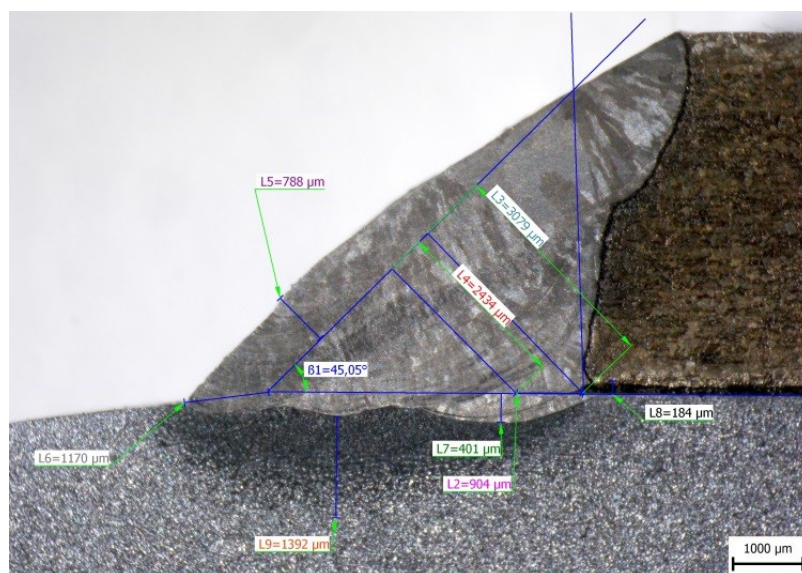
Obr. 30 Zvětšení 5x



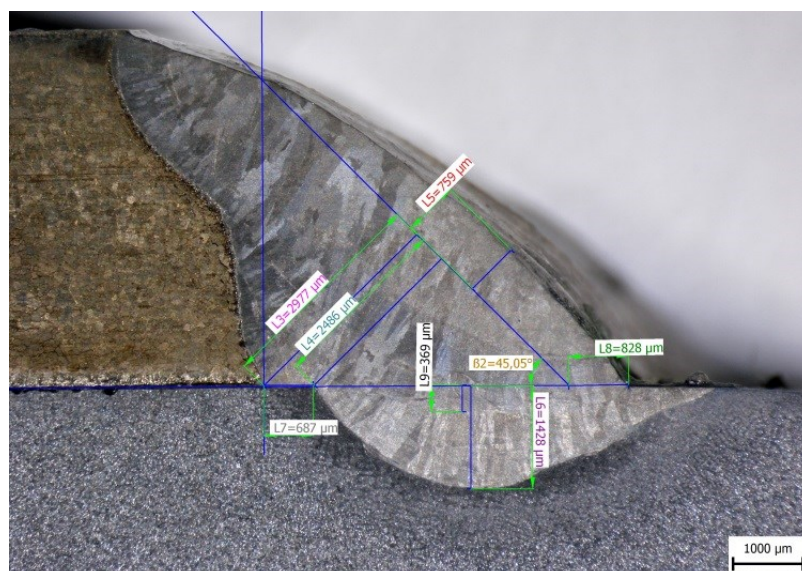
Obr. 31 Zvětšení 5x

Tabulka 14 Vyhodnocení makrostruktury vz.6

Obr. 30 levá strana	neprůvar, studený spoj, neodstraněný původní svar
Obr. 30 pravá strana	neprůvar, studený spoj, neodstraněný původní svar
Obr. 31 pravá strana	neprůvar, studený spoj, neodstraněný původní svar
Obr. 31 levá strana	neprůvar, studený spoj,

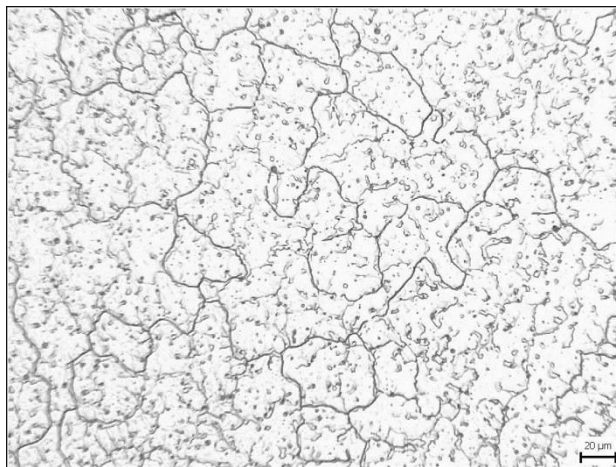


Obr. 32 Měření parametrů svaru

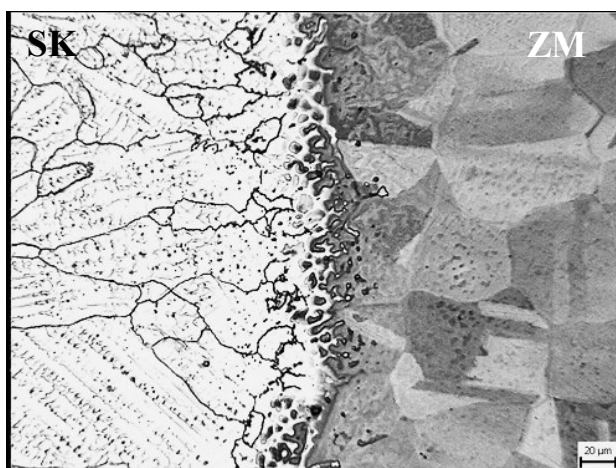


Obr. 33 Měření parametrů svaru

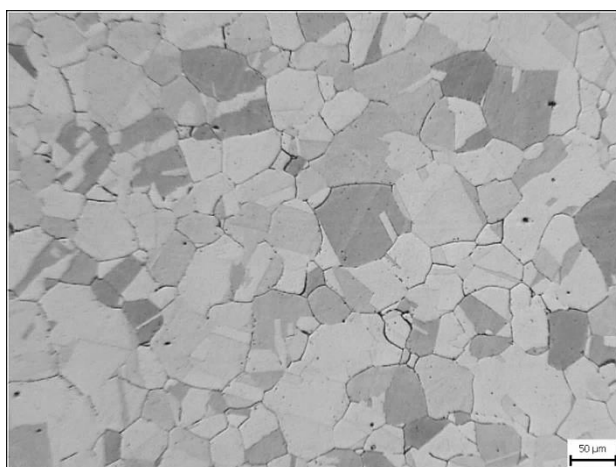
6.2.1. Zkouška mikrostruktury vzorku č. 2.



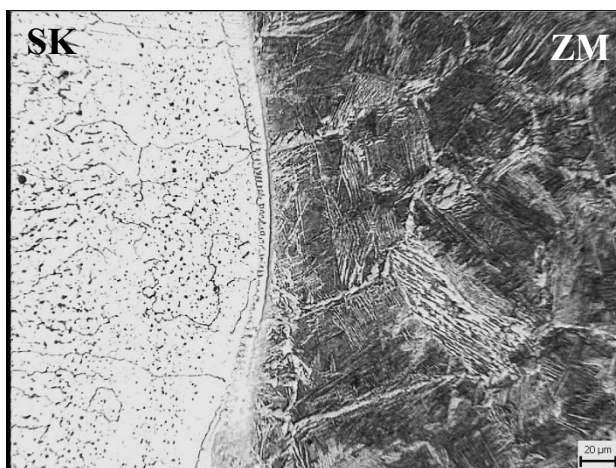
Obr. 34 Mikrostruktura svarového kovu je licí, tvořena austenitem a delta feritem, zvětšeno 200X



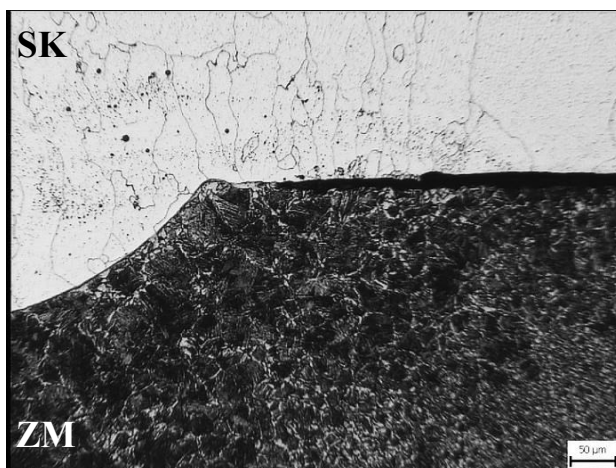
Obr. 35 Hranice ztavení tvořena zrny austenitu, mezi SK a ZM je difuzní vrstva tloušťky 20μm, zvětšeno 200X



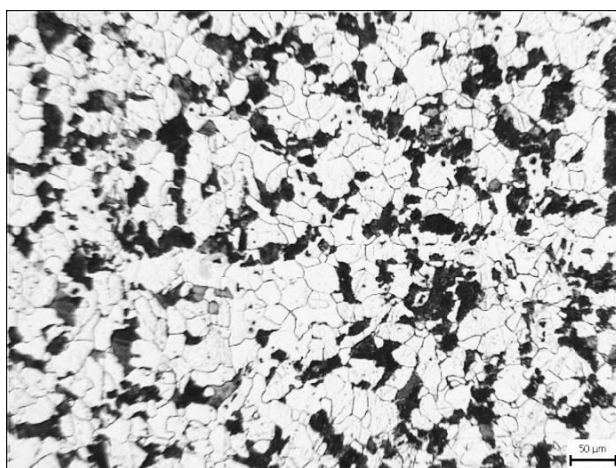
Obr. 36 Mikrostruktura základního materiálu příločky tvořena austenitem a ojediněle vyloučenými karbidy po hranicích zrn, zvětšeno 100X



Obr. 37 Hranice ztavení mezi ZM kluznice a SK, v ZM je struktura hrubozrnná tvořena bainitem a feritem vytvářející náznaky nesouvislého síťoví, zvětšeno 200X

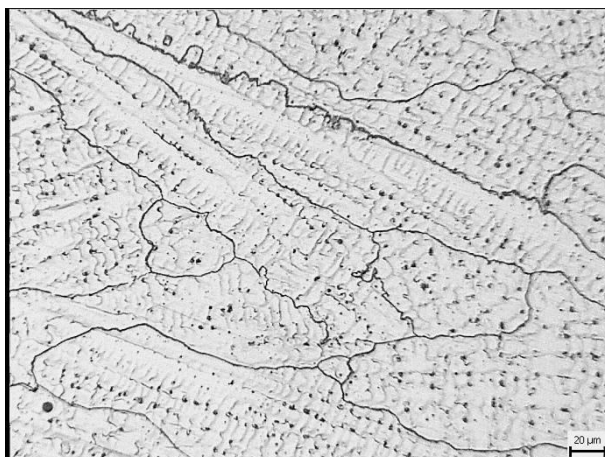


Obr. 38 Detail na studený spoj a počátek HZ mezi svarem a základním materiálem, zvětšeno 100x

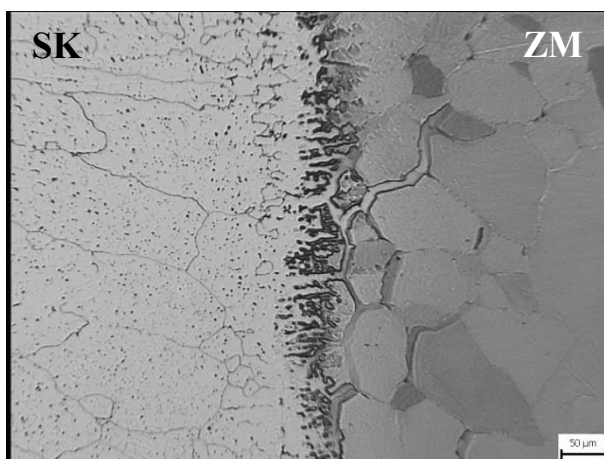


Obr. 39 Feriticko perlitická, mikrostruktura, lamelární perlit základního materiálu kluznice, zvětšeno 100X

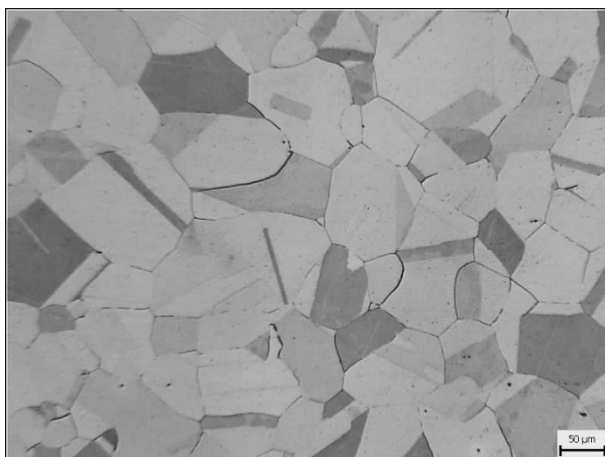
6.2.2. Zkouška mikrostruktury vzorku č. 6.



Obr. 40 Mikrostruktura svarového kovu je licí tvořena austenitem a delta feritem, zvětšeno 200X



Obr. 41 Hranice ztavení mezi SK a ZM příločky, došlo k vyplnění mezikrystalické praskliny svarovým kovem, zvětšeno 100X



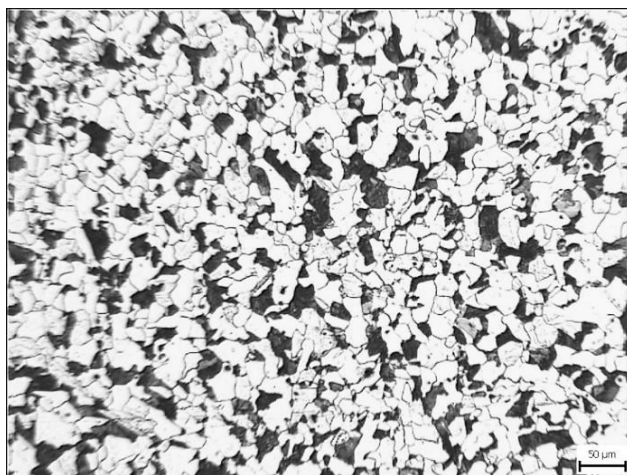
Obr. 42 Mikrostruktura základního materiálu příločky tvořena austenitem a ojediněle vyloučenými karbidy po hranicích zrn, zvětšeno 100X



Obr. 43 Hranice ztavení mezi svarem nedostatečně odbroušeným a materiálem kluznice, v materiálu kluznice struktura tvořena směsí zakalených fází, zvětšeno 100x

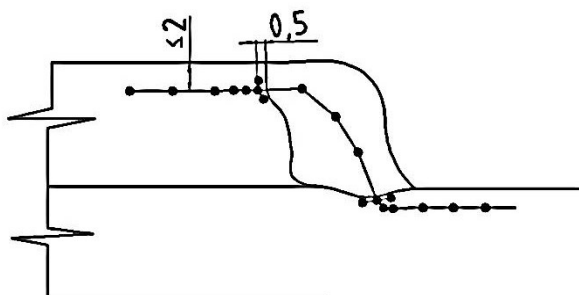


Obr. 44 Detail na studený spoj v kořenové oblasti svaru, a současně na dvě hranice ztavení, mezi ZM kluznice, původním svarem a svarem novým, mikrostruktura původního svaru je tepelně ovlivněna po několikerém svařování, zvětšeno 100X



Obr. 45 Feriticko perlitická, mikrostruktura, lamelární perlit základního materiálu kluznice, zvětšeno 100X

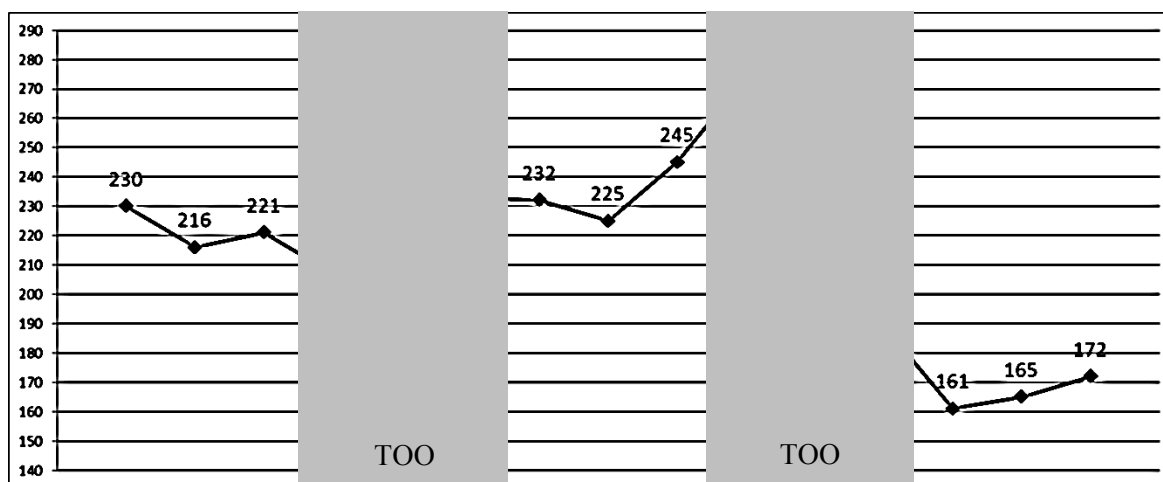
6.3.1 Zkouška tvrdosti HV10 vzorek č. 2



Obr. 46 Rozložení vpichů

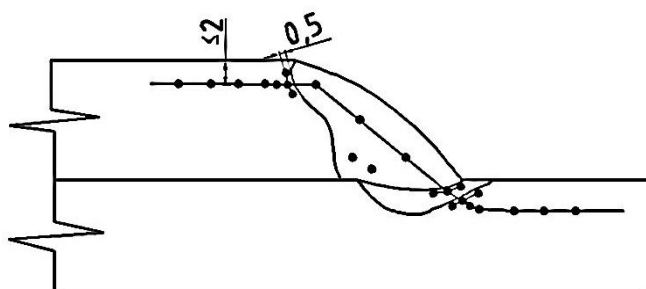
Tabulka 15 Tvrdost HV10

Základní materiál					TOO	Svarový kov				TOO	Základní materiál				
					232					266					
230	216	221	207	232	233	232	225	245	274	216	189	161	165	172	
					235					260					



Obr. 47 Průběh tvrdosti

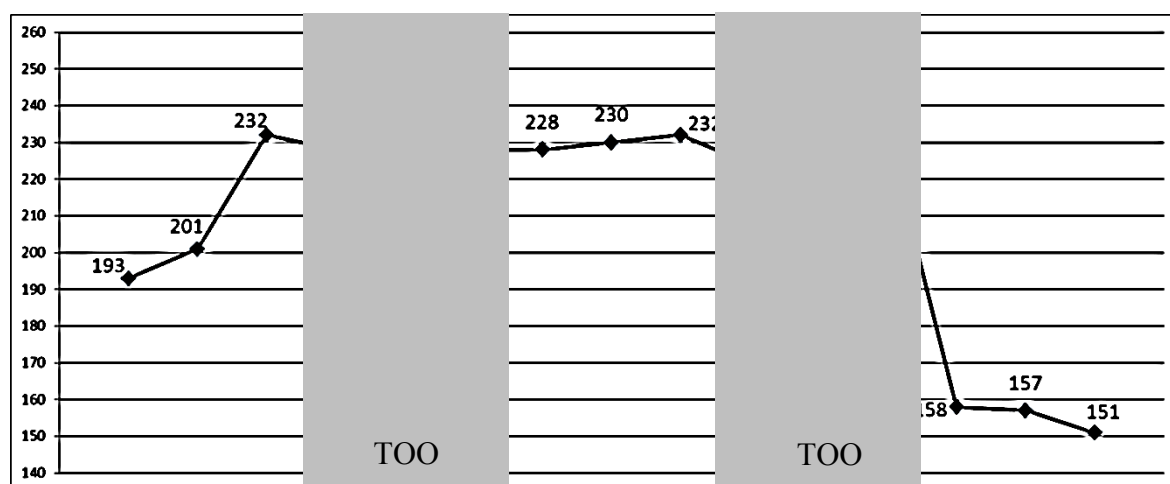
6.3.2 Zkouška tvrdosti HV10 vzorek č. 6



Obr. 48 Rozložení vpichů

Tabulka 16 Tvrdost HV10

Základní materiál					TOO		Svarový kov				TOO				Základní materiál		
					240					216	266						
193	201	232	228	236	228	228	230	232	202	224	245	232	158	157	151		
					227	249		242	210	221							



Obr. 49 Průběh tvrdosti

7. DISKUZE VÝSLEDKŮ ZKOUŠEK A ZÁVĚR.

V této bakalářské práci byly popsány vlastnosti svarových spojů manganových přílozek na odpružených kluznicích podvozků nákladních ŽKV. Bylo svařeno šest vzorků s různými parametry svařování, a s cílem přiblížit se skutečnému stavu v provozu. Z těchto šesti vzorků jsem pak vybral dva reprezentativní vzorky. A to vzorek kde byl předpoklad použití minimálního tepelného příkonu a vzorek, který se nejvíce přiblížil skutečnému stavu svařování v provozu. Poté bylo na obou vzorcích provedeno nedestruktivní a destruktivní zkoušení.

Nedestruktivní zkoušky

Zkoušení metodou vizuální a penetrační vyřadilo vzorek č. 2 jako nevyhovující, zatímco vzorek č. 6 splnil kritéria pro NDT – VT / PT.

Při vizuální a penetrační kontrole svarů lze odhalit pouze povrchové a na povrch pronikající vady. Vady jako neprůvar v kořeni koutového svaru nebo studený spoj v kořeni nelze odhalit vůbec. Tyto vady však byly při vyhodnocování maker zjištěny, viz tabulka 13 a 14.

Destruktivní zkoušení

Při makroskopické kontrole vzorků 2 a 6 již byly nalezeny vady na obou vzorcích. Vzorek č. 2 byl záměrně rozřezán v místě vady identifikované při vizuální a penetrační zkoušce, tato vada již není jen proláklina, ale lze ji identifikovat jako neprůvar. Tato vada mohla vzniknout použitím malého svařovacího proudu, který byl u vzorku č. 2 55 A.

Další zjištění při makroskopické kontrole je že při renovacích kluznic může dojít k neúplnému odstranění původního svarového kovu. Dále bylo provedeno pomocí softwaru na snímání vzorků měření (obr. 27, 28, 32, 33) některých rozměrů. Při použití takto získaných hodnot a jejich dosazením do vzorců pro vyhodnocování svarů při NDT - VT, bylo potvrzeno vyhodnocení vizuální zkoušky vzorku č. 2 s negativním výsledkem.

U vzorku č. 6 je při použití tohoto postupu zjištěno podkročení velikosti koutového svaru, na obrázku č. 33 je načrtnut charakteristický trojúhelník pro koutový svar.

Všechny tyto vady vnitřní struktury svaru jsou však odhalitelné až při destruktivní kontrole svaru.

Při mikroskopické kontrole bylo potvrzeno, že svarový kov má lici strukturu feriticko - austenitickou jak udává výrobce použitého přídavného materiálu. Mikrostruktury ZM také odpovídají použitým materiálům. Na snímcích mikrostruktury hranice ztavení manganové příložky a svarového kovu je na obou vzorcích vidět dobré promísení obou materiálů.

V TOO příložky která je na makro výbrusu oproti TOO v základním materiálu kluznice nepatrná, je na hranici ztavení manganové příložky a svarového kovu struktura tvořena austenitem a karbidy po hranicích zrn.

U vzorku č. 6 je v TOO mezi ZM kluznice a svarem v důsledku nedostatečného odstranění původního svaru oblast kde je část neodstraněného svaru a nová hranice ztavení a TOO se starou hranicí ztavení. Je vidět promísení základního materiálu a svarového kovu. Na obr. 37 a 43 lze rozpoznat feritické síťové a směs zakalených struktur (martenzit plus spodní bainit)

Zkouška tvrdosti HV10

Měření tvrdosti proběhlo podle normy ČSN EN ISO 9015. a ČSN EN ISO 15614-1 Výsledky hodnot měření tvrdosti ukazují, že svarové spoje tohoto typu ocelí nemusejí být po svařování dále tepelně zpracovány pro zlepšení mechanických vlastností. Průběhy tvrdosti jednotlivých svarů jsou zobrazeny v záznamech o měření tvrdosti a dokumentují změny tvrdosti ve svarovém kovu a tepelně ovlivněné oblasti.

Závěr

Zadáním bakalářské práce v teoretické části bylo zpracovat a posoudit současný stav svařování manganových příložek, navrhnout možné způsoby svařování a přídavný materiál pro navržené způsoby. V praktické části pak byly svařeny vzorky metodou svařování, která se nyní ke svařování manganových příložek používá. Parametry svařování jednoho vzorku jsem zvolil tak aby se co nejvíce přiblížily skutečnému stavu při opravách a u druhého zase tak abych dodržel podmínky pro svařování manganových ocelí, které jsem popisoval v teoretické části bakalářské práce. Přídavný materiál byl u obou vzorků stejného složení (CrNi) a typu jaký je použit v provozu při opravách.

Při nedestruktivním a následně destruktivním zkoušení byly postupně na obou vzorcích nalezeny neshody s požadavky, které je třeba při těchto zkouškách splnit.

Na základě studia vlastností manganové oceli, možnosti její svařitelnosti s odlišným druhem oceli a výsledků zkoušek bych volil jako alternativní přídavný materiál, materiál s menší tvrdostí svarového kovu s následným prověřením a porovnáním vlastností takto

vytvořeného svarového spoje s materiálem použitým při této BP. Například, materiál typu CrNiMn viz tabulka 7. A dále navrhuji možnost soustředěných oprav, kdy je možné vytvořit vhodnější podmínky pro přípravu a opravu těchto dílů ŽKV.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

- [1] CVERNA, Fran a Patricia CONTI. Worldwide guide to equivalent irons and steels. 5th ed. Materials Park, Ohio: ASM International, c2006, v, 1407 p. ISBN 08-717-0822-1.
- [2] ČSN EN10027-1. Systémy označování ocelí - Část 1: Stavba značek ocelí. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [3] HRIVŇÁK, Ivan. Teória zvariteľnosti kovov a zliatin. Vyd. 1. Bratislava: Veda, 1989, 343 p. ISBN 80-224-0016-5.
- [4] ČSN 41 7618. OCEL 17 618: manganová. Praha: Český normalizační institut, 1981.
- [5] ČSN 42 2920. Ocel na odlitky 42 2920: manganová. Praha, Český normalizační institut, 1975
- [6] ČSN 42 2921. OCEL NA ODLITKY 42 2921: Mn - Cr. Praha: Český normalizační institut, 1975.
- [7] KOUKAL, Jaroslav, Drahomír SCHWARZ a Jiří HAJDÍK. Materiály a jejich svařitelnost. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 240 s. ISBN 978-80-248-2025-5-.
- [8] Austenitic Manganese Steels. [Http://www.keytometals.com](http://www.keytometals.com) [online]. Feb-2002. 2002 [cit. 2014-12-18]. Dostupné z: <http://www.keytometals.com>
- [9] FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. Brno: CERM, 1996, 261 s. ISBN 80-858-6795-8.
- [10] Trackwork. [Http://www.cotma.net](http://www.cotma.net) [online]. 2011 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z: <http://www.cotma.net.au/library/trackwork/trackwork.html>

- [11] MENDEZ, J., M. GHORESHY, W. B. F. MACKAY, T. J. N. SMITH a R. W. SMITH. Weldability of austenitic manganese steel. Journal of Materials Processing Technology [online]. 2004, 153-154, s. 596-602 [cit. 2015-01-25]. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2004.04.033.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013604003413>
- [12] Welding of Special Steels. Wwv.keytometals.com [online]. 2006 [cit. 2014-12-25].
Dostupné z: <http://www.keytometals.com/page.aspx?ID=CheckArticle&site=kts&NM=181>
- [13] Stavba železničních vozidel [online]. 2013 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: http://issuu.com/michdor/docs/m10_text
- [14] Technische Lieferbedingungen für Bleche für Führungsplatten oder Führungsplatten aus Manganstahl: Übersetzung = Spécification technique pour la fourniture des tôles pour plaques d'usure ou des plaques d'usure en acier au manganèse = Technical specification for sheets for wearing plates or wearing plates in manganese steel. 2. Ausg., Juni 2004. Paris: UIC, 2004. ISBN 27-461-0632-9.
- [15] VÝZKUMNÝ ÚSTAV ŽELEZNIČNÍ. Závěrečná zpráva úkolu R15 - 118 O12: Svařování na vozech v opravných vozů. Praha, 1989.
- [16] ESAB. Dissimilar Materials [online]. 2015 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.esab.cz/cz/cz/products/index.cfm?fuseaction=home.productsbycategory&catId=13042>
- [17] LINCOLN ELECTRIC. Stick Electrodes | Lincoln Electric [online]. 2015 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.lincolnelectric.com/en-gb/consumables/stick-electrodes/Pages/stick-electrodes.aspx>
- [18] BÖHLER WELDING. Welding consumables from Böhler Welding [online]. 2014 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.boehler-welding.com/Downloads>
- [19] WELCO. Ocel - obalené elektrody [online]. 2011 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.welco.cz/katalog/welco>

- [20] SVARINFO [online]. 2005 - 2015 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z:
<http://www.svarbazar.cz/phprs/search.p>
- [21] Svařování | Učíme v prostoru - Encyklopedie Drtič kamene. Učíme v prostoru - Encyklopedie Drtič kamene | Vzdělávací 3D encyklopedie [online]. 2014 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2743
- [22] Automig - internetový magazín [online]. [cit. 2015-02-03]. Dostupné z:
<http://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>

10. SEZNAM PŘÍLOH

1. Příloha A – Inspekční certifikát 3.1 materiálu X120Mn12 dle EN 10204
2. Příloha B – Postup svařování – pWPS č. 001
3. Příloha C – Postup svařování – pWPS č. 002
4. Příloha D – Postup svařování – pWPS č. 003
5. Příloha E – Postup svařování – pWPS č. 004
6. Příloha F – Postup svařování – pWPS č. 005